

TA VO LO

MICHAELA
MORAVCOVÁ

TAVOLO

Diplomová práce
2020

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta umění a architektury

Diplomová práce
2020

Autor práce - BcA. Michaela Moravcová, DiS.
Vedoucí práce - MgA. Richard Loskot
Studijní program: N 8206 - Výtvarná umění
Studijní obor: Vizuální komunikace - digitální média

Tavolo

Diplomová práce

Studijní program:

Studijní obor:

N8206 Výtvarná umění

Vizuální komunikace – digitální média

Autor práce:

Vedoucí práce:

BcA. Michaela Moravcová, DiS.

MgA. Richard Loskot

Katedra umění



Zadání diplomové práce

Tavolo

Jméno a přijmení: **BcA. Michaela Moravcová, DiS.**
Osobní číslo: A18000065
Studijní program: N8206 Výtvarná umění
Studijní obor: Vizuální komunikace – digitální média
Zadávající katedra: Katedra umění
Akademický rok: **2019/2020**

Zásady pro vypracování:

Diplomová práce tematizuje problematiku přehliženého výtvarného potenciálu 3D tisku, který souvisí s vnitřní stavbou samotných vrstev tištěných objektů. Práce sleduje technicko-estetickou kvalitu této vnitřní stavby, jenž podléhá kritickému pohledu umělce jen omezeně. Princip vrstvení a možnosti předčasného zastavení tisku nechávají zaznít vnitřní prostorovou strukturu tisku jako svébytně výtvarnou.

1. Koncept
2. Vizualizace, fotodokumentace, videodokumentace
3. Průvodní teoretická zpráva ve formátu A3 nebo A4 (minimum 60 normostran A4) v pevné vazbě, včetně zadání práce a prohlášení o autorském právu. Zpráva obsahuje mezi jinými úvod, přehled literatury a zdrojů, výsledky a diskuzi a řídí se specifikacemi v dokumentu „Požadavky na vypracování diplomové práce – KUM“. Zdroje musí být citované dle Harvard systému. Dále dle Směrnice rektora TUL č. 5/2018.
4. Elektronická podoba všech částí bakalářské práce (akceptovatelné formáty pdf, pdf/A).
5. V systému STAG (Moje studium-Kvalifikační práce-Doplňit údaje o práci) vložit veškerá data o práci a soubor obsahující kompletní výkresovou i textovou dokumentaci, průvodní zprávu, technickou zprávu a doplnit související textová pole.



*Rozsah grafických prací:
Rozsah pracovní zprávy:
Forma zpracování práce:
Jazyk práce:*

tištěná/elektronická
Čeština

Seznam odborné literatury:

STŘÍTESKÝ, O., PRŮŠA, J., BACH, M. *Základy 3D tisku s Josefem Průšou*. 1.st ed. Praha: Průša Research s.r.o., 2019.
KLOSKI, Liza Wallach a Nick KLOSKI. *Začínáme s 3D tiskem*. Přeložil Jakub GONER. Brno: Computer Press, 2017. ISBN 978-80-251-4876-1.
KADLEC, M. *Reprodukce objektů promoci 3D tisku v hyperbarickém prostředí: bakalářská*. Praha: UNIVERZITA KARLOVA, Prosince 2017.
SEGERMAN, Henry. *Visualizing mathematics with 3D printing*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2016.

Vedoucí práce:

MgA. Richard Loskot
Katedra umění

Datum zadání práce:

24. února 2020

Předpokládaný termín odevzdání: 29. května 2020

L.S.

Ing. arch. MgA. Osamu Okamura
děkan

doc. MgA. Jan Stolin
vedoucí katedry

V Liberci dne 24. února 2020

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou diplomovou práci jsem vypracovala samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Jsem si vědoma toho, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo. Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce. Beru na vědomí, že má diplomová práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědoma následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

29. května 2020

BcA. Michaela Moravcová, DiS.

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala MgA. Richardu Loskotovi za vedení mé diplomové práce.

Dále bych chtěla poděkovat panu MgA. Jaroslavu Prokešovi za každodenní obětavou pomoc a výpomoc při řešení otázek nejen ateliéru. A panu PhDr. Karlu Srpovi, Ph.D. za zajímavé diskuze a podporu s teoretickou částí mé práce.

ABSTRACT

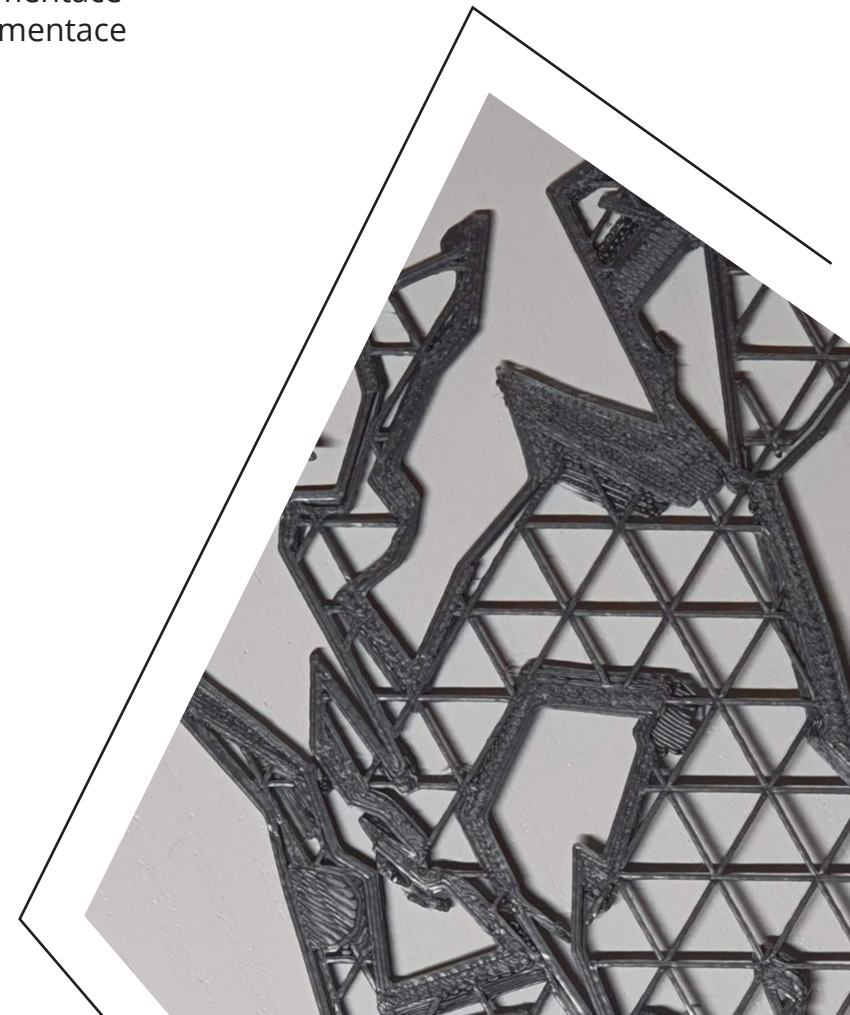
The thesis discusses the problem of 3D printing being ignored in art despite its artistic potential. It uncovers the hidden inner patterns of the printing technique with the help of deliberate print interruption. During the creation of objects, I benefit from my previous work, when I was creating baking form models. In my early work I was focused on the composition of the shapes and on the best final appearance of the cake. Whereas today I aim to uncover "the story below the surface". People who use 3D printing as means for their creation focus heavily on what the 3D printer can form based on the computer draft, while I am interested in the inner structure and the technical and aesthetic value of a given layer. After multiple print interruptions new independent objects are formed from each layer. The layers can be assembled later and unveil the whole beauty of the object. One can never be certain of the outcome until one builds the object himself. The layers in 3D printing are just support for the model, but I am trying to prove, that something extraordinary can be found inside.

ABSTRAKT

Diplomová práce pojednává o problematice přehlíženého výtvarného potenciálu 3D tisku. Odhaluje jeho skrytou kresbu techniky vrstvení při tisku objektů pomocí záměrného zastavení tisku. Při tvorbě objektů vycházím ze svých předešlých prací, kdy jsem tvořila modely pro formy na pečení. Tehdy jsem se zabývala hlavně tvarovou skladbou, aby daný dort vypadal co nejlépe. Zatímco dnes se snažím odhalit co se „děje pod povrchem“. Lidé, kteří používají 3D tisk jako prostředek ve své tvorbě se zabývají převážně tím, co 3D tiskárna může z počítačového návrhu zhmotnit, zatímco mne zajímá vnitřní stavba a technicko-estetická úroveň dané vrstvy. Po opětovném zastavování tisku vznikají nové samostatné objekty vytvořené z jednotlivých vrstev. Samotné vrstvy se poté mohou skládat na sebe a tím se odhalí celá krása objektu. Člověk si není nikdy jistý, jak bude vypadat daný objekt dokud ho sám nesestaví. Jednotlivé vrstvy v 3D tisku jsou jen podpůrnou součástí celého modelu, ale já se snažím svou prací dokázat, že i zde lze nalézt něco výjimečného.

OBSAH

- 1/ Úvod
- 2/ Teoretická reflexe
- 3/ Obrazová dokumentace
- 4/ Technická dokumentace
- 5/ Portfolio
- 6/ Životopis



1. ÚVOD

1.1. Rozbor témat a myšlenek

1.1.1. Přeměna digitálního modelu do pevného uchopitelného tvaru.

Pomocí moderních technologií je v dnešní době možné tvořit vše, co si usmyslíme. Pojem 3D tisk se v dnešní době začíná ukazovat jako velmi užitečná věc a jeho možnosti využití jsou i dnešní době velmi vyhledávané. Přijde nám to jako nová technologie, avšak technologie 3D tisku je zde již od 80. let minulého století. Jsou to jednoduché a logické postupy, které se dají jednoduše naučit nebo dohledat.

Jedná se o automatizovaný proces, kdy pomocí kladení vrstev na sebe vzniká trojrozměrný objekt. Dává nám tak možnost vytvořit dokonalý a zcela přesný model tak, jak jsme ho navrhli pomocí speciálních programů. Dříve bylo třeba několika let studia pro vytvoření alespoň ucházející sochy, někdy ani celý život nestačil k naučení se mistrovského řemesla. Dnes si sedneme za počítač, vymodelujeme v trojrozměrném prostředí námi požadovaný objekt a počkáme, až mám ho tiskárna vytiskne. Vlastně dovednosti starých mistrů jsou v dnešní době skoro zapomenuté. To je docela smutné, ale berme to z té lepší stránky, nové technologie nám pomáhají i v každodenním životě. 3D tisk se dnes používá jak ve firmách či školách, tak i v domácnostech. Designéři používají tisk jako nový materiál pro svou tvorbu. 3D tisk se stále více využívá i v medicíně. Je úžasné, jak technologie pomáhá i v oblastech, kde bych to bylo ještě před několika lety nemyslitelné.

1.2. Historie

Této technologii se dříve říkalo Rapid Prototyping, jelikož byla původně vytvořená k tisknutí prototypů. Z pohledu úspory času a financí je to velmi dobrá volba. V rámci relativně malého časového úseku jsme schopni vytvořit reálné vzorky dané věci, kterou potřebujeme vidět v reálném světě a ne jenom naskicovanou nebo ve virtuálním prostředí. Podle mého názoru je obrovský benefit, když si umělec nebo klient může osahat to, co vytvořil. Osobní zkušenost je vždy to nejcennější, co máme.

Samotný 3D tisk má své začátky v roce 1984, kdy si Charles Hull, zakladatel společnosti 3D Systems Charles, nechal patentovat technologii stereolitografie. S tímto 3D tiskem se váže technologie SLA, která se mimochodem používá dodnes jako jedna z nejzákladnějších.

Píše se rok 1992 a firma 3D Systems začíná vyrábět první komerčně dostupnou 3D tiskárnu používající technologii SLA. Jedná se o jednu z nejpřesnějších, která se využívá právě v 3D tisku. Funguje na principu vytvrzování tekutého polymeru pomocí laserového záření. Díky této technologii jsou vrstvy sotva rozeznatelné, ale je zde jedno velké úskalí a to, že jeho pořizovací hodnota je v řádech statisíců. Bohužel i tiskový materiál nepatří mezi nejlevnější. Kilo tohoto materiálu se pohybuje kolem 10.000 korun. Zatím co PLA (který ve své tvorbě používám) se pohybuje kolem 500Kč za kilo. Avšak záleží také na výběru výrobce. Po ukončení se model sundá ze skleněné tiskové plochy a celý výtisk se ponoří do resinu (jiné označení pro fotopolymer) aby se objekt odpojí od podpěr, jako tomu tak dělá u Innovatefil hydrosoluble (filament rozpustný ve vodě).

A následně se opět přitiskne na sklo.

1.3. Princip 3D tisku

Nejběžnější typ, který můžeme používat jako laici, se označuje pojmem „aditivní výroba“. Zároveň se také označuje zkratkou FDM (Fused Deposition Modeling), což znamená v překladu modelování dispozicí taveniny, další variantou je FFF (Fused Filament Fabrication) v překladu výroba ztaveného vlákna. Obě varianty se dají daleko srozumitelněji pojmenovat jako výroba z taveného vlákna, už jen díky tomu, že pojem filament se používá zcela běžně v souvislosti s 3D tiskem.

Tiskárny tohoto typu vytváří produkty díky vrstvení rozehrátého filamentu na sebe a pomocí podložky rozehráté na určitou teplotu (každý materiál potřebuje jinou hodnotu) tištěný objekt tvrdne. Dalším parametrem je správně zahřátá tryska, která taví filament do požadované struktury a díky tomu s ním lze kreslit do požadovaných vrstev. Je to jako bychom kreslili perem, které má tekutou náplň. Na následujícím obrázku vidíme 3 fáze kladení filamentu na podložku.

Extrudér protlačí vlákno horkým koncem trysky, kde se vlákno roztaví na velmi tenkou vrstvu.

Když materiál opustí trysku, ukládá se na tiskovou plochu, kde chladne a tuhne. Následné vrstvy tak na sebe hezky přilnou a spojí se.

Postupný kladením vrstev na sebe vzniká trojrozměrný objekt a po dokončení tisku lze celý objekt oddělit od tiskové plochy.

1.4. 3D tisk v medicíně

V dnešní době je 3D tisk velmi rozšířený v mnoha oborech, do kterých bychom to ani neřekli. Využívá jako nástroj pro personalizovanou výrobu, tvorbu postaviček, podobizen podle fotografií, hraček či pro výrobu nedostupných náhradních dílů. V rámci studia uměleckého oboru jsem se s 3D tiskem setkala

také u designérů nebo v prostředí architektury. Vytištěný model funguje daleko lépe než jen vizualizace v počítači.

Obrovský potenciál a rozvoj se začíná projevovat i v oblasti medicíny. Zde několik doktorů a vědců experimentuje s tzv. Biotiskem. Kvůli zdravotnické nezávadnosti se zde využívají biologické materiály. Ukázky můžeme vidět například u protéz či nástrojů pro zlepšení kvality života.

Najdeme mnoho případů, kdy domácí tiskárnu někdo využil pro své vlastní účely (nebo pro někdo z rodiny). V roce 2013 Američan Paul McCarthy vytiskl na domácí 3D tiskárně svému synovi robotickou protézu. Jeho syn se narodil bez prstů a díky této protéze se tak mohl poprvé v životě cítit jako „normální“ člověk. My to bereme jako samozřejmost, moci si podat skleničku. Jenže v tomto případě, už jen z psychického hlediska se úroveň žití mnohonásobně zvýší jen takovouto vymožeností moderní doby. A to vše jen za zlomek ceny v porovnání s certifikovanou protézou.

V dnešní době se tisknou naslouchadla, ušní a nosní protézy, v Británii se dokonce vyvíjí použití 3D tiskáren při výrobě umělých očních protéz. Velkým benefitem je vysoká přesnost tisku, dokonce tak vysoká, že je možné upravit sebemenší detail pro svého nositele. A i zde platí, že výroba je za zlomek ceny.

Biotiskem jsme schopni pomoci v léčbách kožních poranění, například u rozsáhlých popálenin. Budoucnost vidíme také v kosmetické medicíně. Jak jsem se již zmiňovala, 3D tisk se dá dokonale přizpůsobit pomocí skenovacích přístrojů pro daného pacienta, a proto se také využívá jako opora či náhrada kostí. V případě, že je potřeba implantát vložit přímo do těla, se biotisk jeví jako jedna z velmi vhodných variant, jelikož tělo vůči tomuto materiálu nevytváří obranné protilátky, a tím urychluje hojení. V roce 2013 se objevil případ v Americe, kdy se podařilo nahradit pomocí 3D tisku 75% lebky. Zde byl materiál speciálně upraven, aby pomocí minerálů donutil okolní kostní buňky znovu

dorůstá do původního tvaru, kde tisk sloužil jako opora. Budoucnost vidím při tvorbě samotných orgánů, i když je zde otázka, zda technologie dokáže vytvořit něco, co vytvořila příroda sama.

1.5. 3D tisk v architektuře

Samozřejmě nemůžeme nezmínit odvětví nám blízké a to spojení 3D tisku v architektuře. Mnoho architektů využívají možnosti moderních technologií ať už k zlepšení jejich modelů nebo lepší prezentaci své práce klientovi. V dnešním světě je stavebnictví pomocí 3D tisku ještě na začátku. I když už teď můžeme najít velmi povedené projekty, kde 3D tisk hraje hlavní roli. Převážně se však používá při zhmotňování digitálních modelů a jednotlivých dílčích komponentů.

Ke zvolení této technologie hraje mnoho benefitů. Jedním z hlavních důvodů je rychlost s jakou architekt může představovat svou práci. Dříve tvorba modelů bezpečně zaměstnala dva lidi na dobu v řádu dvou měsíců. Zatím co při využití 3D tiskárny se jedná o práci pro jednoho člověka, kdy výsledný produkt je možné prezentovat už za pár hodin od startu tisku. Tím pádem nám vzniká prostor pro větší množství návrhů nebo daleko rychlejší průběh projektu před samotnou realizací. Dokonce existuje mnoho studií, kdy je dokázaná časová úspora oproti dřívějším metodám.

Díky této technologii je možné velmi rychle najít skrytá zákoutí stavby a následně na ně reagovat. V dnešní době pořizovací hodnota 3D tiskárny již není tak vysoká, tudíž si ji může dovolit většina architektonických kanceláří či samotných architektů. Jak už víme z praxe, když člověk z oborou popisuje svůj nápad či záměr člověku, který je daným oborem nepolíben, naráží na problém vše dostatečně vysvětlit. Může se stát moment, kdy klient řekne „Ale já si to představoval jinak...“ Zatím co, když

model vytiskneme v měřítku (aby byly vidět veškeré detaily a předložíme jej zadávajícímu), této situaci velmi předcházíme, jelikož se můžeme bavit o konkrétní části.

Obrovským benefitem také v tomto oboru vidím možnost vytvářet knihovny návrhů, které nám daná architektonická kancelář vytvořila. Po nějaké době vzniknou desítky návrhů, kdy každý model je možné modifikovat na daný projekt.

Samozřejmě spojení 3D tisku a architektury se neeliminuje pouze na tvoření modelů. Před 3 lety vznikl v Madridu první 3D tištěný most pro pěší. Je postaven přes potok v Castilla-La Mancha Park v Alcobendas a trvalo ho vytvořit pouze rok a půl od jeho koncepce. Most má 12m na délku a 1,75m na šířku. Jako materiál zde byl použit mikrolegovaný beton (stále se vyvíjí nové technologie a materiály právě pro stavbu/tisk venkovních objektů). Most byl navržen s ohledem na ekologii, a proto jsou plně výplně pouze v místech kde je to opravdu zapotřebí. Proto také připomíná spíše organickou skulpturu než klasický pevný most z kovové konstrukce.

Na vytvoření se podílelo několik zástupců z různých odvětví. Byl sestaven multidisciplinární tým, který vedla ACCIONA. Tým se skládal z architektů, strojních inženýrů, strukturálních inženýrů či zástupců městské správy, včetně Enrica Diniho. Odborný vynálezce rozsáhlé 3D výroby a spolupracovník IAAC (Institut pokročilé architektury v Katalánsku).

Budoucnost využívání 3D tisku je také v stavění reálných obydlí. Jedním z prvních vznikl za pomoci švédského technologického start-upu Apis Cor. Kdy se podařilo pomocí mobilní 3D tiskárny postavit z betonových zdí a příček plnohodnotný dům o rozloze 37 metrů čtverečních. Apis Cor se snaží touto cestou prokázat, že i tento způsob konstrukce může být daleko rychlejší, efektivnější a ekologičtější než na co jsme zvyklí do teď. Zajímavou položkou této tvorby je také na kolik takový domek vyjde. Tento konkrétní se stál něco málo pod 11 000 \$.

Myslím, že 3D architektura jde správnou cestou, avšak je to spíše píseň budoucnosti. Momentálně se spíše využívá jako podpůrný prostředek pro představování projektů klientům, než abychom si za pomoci těchto tiskáren vytvářeli města. I když technologie jde neustále kupředu takže se může stát, že další generace už budou žít v takto postavených domech. Rozhodně to má obrovský potenciál a moc tomu fandím.

2. CO OBNÁŠÍ 3D TISK, JEHO VÝHODY A NEVÝHODY

Jako obrovskou výhodu vidím to, že i složitější a komplikovanější modely jsme schopni vytisknout v pohodlí domova. Dalším velkým benefitem je poměr pořizovací částky versus ceny za jednotlivý model. Pokud si pořídíme domácí 3D tiskárnu, zaplatíme kolem 10.000,- Kč. Samozřejmě cena se může lišit podle výrobce, avšak kolem této částky se to většinou pohybuje. 3D tisk je výhodný pro konstruktéry či designéry, protože jim umožňuje velmi rychle reagovat na podněty klienta. Lze vytvořit jednotky modelů v horizontu několika málo hodin, zatím co v minulosti se musely vzorky dělat v továrnách ve větším počtu (což bylo jak časově, tak i finančně daleko více nákladné).

2.1. VÝHODY

2.1.1. Svoboda designu

Díky své technologii je 3D tisk schopný vytvářet mnoho složitých obrazců, které jsou vhodné například jako komponenty do strojů, u kterých je původní díl těžko sehnatelný. Je vhodný také pro vytváření složitých modelů pro odlévání forem, kde se následně v realitě použije silnější materiál než roztavený plast.

Existuje mnoho materiálů. Jsou dělené podle požadavků klientů a náročnosti využití výsledného tisku. Mezi ně patří i ty, které jsou určené pro větší fyzickou zátěž, ale stále se jedná v základu o plast. Mimochodem tvorba forem byla i má původní myšlenka v bakalářském studiu.

2.1.2. Rychlé prototypování

Jak jsem již zmiňovala, 3D tisk je velkým pomocníkem při navrhování konkrétních prototypů nebo objektů, které musí splňovat předem určené parametry. V tomto případě vidíme velký potenciál, co se týče získávání rychlé zpětné vazby, ať už od autora samotného, tak i od klientů.

Mnoho autorů používá tisk právě z tohoto důvodu. Jedním z nich je nizozemský umělec Theo Jansen. Nepoužívá 3D tisk jako výstup svých kinetických plastik, nýbrž pro proces tvorby. Tiskne si proces tvorby a jeho zkoušky slouží pro zlepšení představy, zda bude vše fungovat i na o několik metrů větším objektu.

2.1.3. Tisk na vyžádání

Ve světě tisku existuje metoda řízení zásob Just in Time. Ušetří se tím přebytečné množství vzorků. Tento problém se sice netýká umělecké tvorby, jelikož například mě jakožto umělce každý model (i ten nepovedený) posouvá dál. Z každé varianty je možné si něco vzít. Pokud se nám povede vytvořit chybový tisk je možné prozkoumat, kde se stala chyba a je zde možnost, že nám ukáže nové pohledy. Ale abych se vrátila k tomuto bodu. Stačí mít uloženou verzi v .stl a požadovaný objekt můžeme znovu vytisknout kdykoli ho potřebujeme. Dalo by se říci, že se jedná o tzv. virtuální knihovnu nebo sklad. Máme variantu tisknout jednorázově či v sériích. Pokud se chceme podívat jak vypadala

poslední verze tisku například mých tisků v bakalářské práci a nemám u sebe konkrétní model, můžu si ho vytisknout znovu či poupravit případné chyby. Hlavním benefitem je úspora času a místa.

2.1.4. Lehčí a silnější díly

Spousty výrobků se originálně vytváří ze silných a těžkých materiálů. V dnešní době, kdy se například v automobilovém průmyslu využívá místo železa hliník, tak se v jiných odvětvích místo těžkých komponentů využívá plast. Musí se však dát pozor, jaký z materiálů použijeme. Některé (převážně ty levnější, základní) se roztavují již v teplejším letním dni nebo pokud jsou vystaveny prudkému slunečnímu svitu ve více teplých dnech. Jiné materiály se rozpouštějí ve vodě. (Tyto jsou předem určené k tvorbě „podpěr“, které obklopují model, aby se při tisku nezbortil a vytiskl tak kompletní. Pokud v některých případech nepoužijeme podpěry, je velká pravděpodobnost, že se tisk přesahující z tiskové plochy v místech, kde není žádná předchozí vrstva, zbortí nebo se nedotiskne a nebude vypadat jak požadujeme.) Co se týče lehkosti, je třeba přemýšlet nad tím, k čemu má výtisk sloužit a zda cíl odlehčení bude ve výsledku ku prospěchu.

2.1.5. Redukce odpadu

Při tisku se roztaví jen potřebný materiál (filament), tudíž spotřebujeme pouze to co je opravdu nutné. Nesmíme zde počítat varianty, kdy se tisk v procesu nepovede či rozhodí. Ale i s tím se musí počítat. Během tvorby „starou“ technikou, kterou používali mistři v minulých staletích, najdeme nespočet nepovedených děl. Proces patří k tvorbě a také k tomu patří i spotřeba materiálu. Když si vzpomenu, kolik jsem vyčerpala filamentu jen pro zkoušky, zda model má požadované rozměry, které jsem chtěla

nebo pro kalibraci tavící trysky. Přičemž současné technologie nám i tak pomáhají tolik neplýtvat. Z finančního hlediska je v této variantě stále velmi prosperující. Když si porovnáme parametry cena vs. výkon.

2.1.6. Rychlost

Jak jsem již psala, rychlost je obrovský benefit této technologie. Během tisku můžeme vytvářet například další modely v 3D programech. Vše však záleží na zvolených parametrech tisku. Mnoho toho můžeme ovlivnit v nastavení tisku (v mém případě programu Slick3r, kde si mapuji požadovaný model). Zde to může ovlivňovat mnoho aspektů, které si musíme stanovit ještě před tiskem. K čemu výtisk bude sloužit, jaký bude mít účel, jak moc bude namáhaný? S tím souvisí volba materiálu, jeho velikost, množství detailů a mnoho dalších aspektů. Výsledek můžeme též upravovat i po vytisknutí. Můžeme na něj malovat, brousit jej, rozdělovat, slepovat atd. Možností máme nepřeberné množství a záleží jen na nás, jakou cestu si zvolíme. Já například tyto možnosti zatím nevyužívám. Líbí se mi, jak do mých modelů zasahuje samotná technologie.

2.1.7. Nákladově efektivní

Pro vytvoření nám stačí trojrozměrný program, který dokáže vyprodukovat soubor s příponou .stl. Nepotřebujeme k tomu nikoho dalšího, tudíž šetříme lidskou sílu, a tím i náklady na výrobu. Jde jen o občasné sledování tisku a jeho kontrolu, zda vše probíhá podle plánu. Některé tiskárny umí i upozornit, když se tisk nedaří nebo se vyskytne chyb a následně se tisk z bezpečnostních důvodů sám vypne. Při chybě by se mohla samotná tiskárna velice snadno rozbít, a to nikdo z nás nechce.

2.1.8. Dostupnost

Už i v takto malé zemi, jako je Česká republika, máme několik firem či jednotlivců, kteří se zajímají o 3D tisk a následně ho používají jako způsob své obživy. Nejvíce se do povědomí díky eventům a veletrhům dostal (nejen u nás, ale už i v zahraničí) Průša RESEARCH. V momentě, kdy si nevíme rady, můžeme se obrátit i na Průša LAB (laboratoř), kde nám buď poradí nebo najdou alternativu pro vytvoření požadovaného výsledku. Firem je několik, avšak každá se specializuje na jiný obor. Existují stránky s předem vytvořenými modely, u kterých je ještě možnost vytisknout si něčí práci bez složitého předešlého navrhování a modelace.

2.1.9. Lepší pro životní prostředí

Protože se jedná o novou technologii, nemáme zatím výsledky z výzkumů, které by nám ukazovali, jakoukoli škodlivost či jiné negativní dopady. Každá výrobní mechanika má však své výhody i nevýhody. Stále se jedná o stroj, který je poháněný elektrickým proudem. Zde je diskutabilní, jak moc je to zásah do životního prostředí. Je dokázáno, že díky tavení filamentu v trysce a rozehrívání základní desky spotřebujeme více energie, než je běžné. Ale tak tomu bývá u jakékoli výrobní technologie, která dělá několik úkonů naráz.

Můžeme diskutovat nad tím, zda je to už na hraně či je to ještě v toleranci.

I když tiskneme pomocí roztavování plastu, ne všechnen plast se dá recyklovat, jak jsme zvyklí z běžného života. Ve světě 3D tisku se plast dělí do dvou skupin, na termoplasty a termosety. Termoplasty jsou přesně ten typ plastu, který vidíme asi nejčastěji kolem sebe. Jedná se o plasty, které se mohou tavit stále dokola. Velkou jejich nevýhodou je, že po opakovaném roztavování

a znovu použití mohou být ovlivněny jejich vlastnosti, například jsou křehčí, či méně drží tvar.

Druhou variantou plastu je tzv. Termoset. Jedná se o plast, který není možno roztavit a použít znovu. Tato varianta je nevhodná k recyklaci, a proto je jejich použití v dnešní době, kdy je kladen důraz na udržitelnost a ohled k životnímu prostředí, diskutabilní. Nevytvrzené termosety jsou považovány za nebezpečné a vyžadují odbornou likvidaci.

V mé práci se zaměřuji na šetrnější variantu, což je organický a na rostlinné bázi vytvořený plast, tudíž se může samovolně rozkládat na skládkách. Naopak materiál označený jako ABS je na bázi oleje, a proto je třeba ho roztavit.

I přes uvedené informace se 3D tisk jeví jako šetrný k životnímu prostředí. Oproti jiným způsobům výroby ušetří mnoho přebytečného materiálu. Je možné si navolit požadovanou minimální teplotu, při které je výsledný tisk stále adekvátní k požadavkům. Modely je možné vytisknout duté a výplň bude jen na místech, kde je to nezbytně nutné. Díky tomu jsme schopni ušetřit podstatnou část materiálu.

Označení PLA je typ filamentu, který patří mezi nejobvyklejší a nejuniverzálnější materiál používaný v oblasti 3D tisku. Zkratka PLA znamená polyactic acid neboli kyselina polymléčná. Jedná se o biologicky odbouratelný materiál což v dnešní době je velmi žádoucí. Přeci jenom přebytečného materiálu během tisku vzniká hodně. Ať už počítáme nepovedené tisky (kdy se může jednat o hodiny) či jednotlivé kalibrace (pravidelně se dělají vždy před tiskem nebo při výměně barvy filamentu). Je více variant vyrábění PLA. Na trhu jsou možnosti výroby z kukuřičného nebo bramborového škrobu či cukrové třtiny. Proto se mezi tiskaři tvrdí, že během tisku je cítit zápach jako při smažení. Já si toho nikdy nevšimla, ale je pravdou, že jsem se nad tím ani nepozastavovala.

Je mnoho mutací tohoto materiálu:

- PLA-D – vyznačuje se tvrdší strukturou a je vhodnější pro namáhavější tisky více než klasické PLA.
- PLA – Glow in the dark – filament s úpravou pro svícení ve tmě, který má také zvýšenou elasticitu a po vytištění je model daleko jemnější na dotek než klasické PLA.
- STEEL PLA – jak už název napovídá jedná se o filament napodobující se kovu. Po vytištění lze filament následně vyleštit. Často se používá při výrobě šperků figurek či dalších objektů u kterých je žádoucí kovový vzhled.
- dalším zajímavým typem PLA je MAGNETIC IRON – i zde název napovídá o jeho benefitech. Tento filament je vytvořený pro prostředí, kde je zapotřebí magnetismu.

Existuje mnoho podob PLA, zde jsem vybrala jen pár nich. Také existuje mnoho podob dalších typů tiskových strun jako je například ABS, PET-G, PET, SBS, CPE a jiné. Každý z nich má ještě své podskupiny se specifickými využitími.

PLA tiskové struny jsou sice méně pružné, ale o to mají vyšší lesk u výsledného tisku než jiné typy. U většiny případů se jedná o výhodu, ale vždy záleží na finálním využití a pro co je daný objekt vytvořen.

Mezi nevýhody se lze zařadit jeho skladování. Filament je dodáván většinou na kotoučích, které lze snadno nasadit na rameno k vrchní části konstrukce 3D tiskárny. Při potřebné výměně za jiný typ či barvu, tak snadno vyměníme cenný kotouč s jiným filamentem a následně ho uložíme ke skladování. Každý tiskař má jiný styl uchovávání nepotřebných kotoučů. Avšak každý typ filamentu potřebuje jiné podmínky pro jeho následný bezproblémový tisk. Například typ PLA je velmi náchylný na vlhkost. Je zapotřebí ho udržovat v suchém prostředí bez přílišné vlhkosti, proto se doporučuje ho uložit do uzavíratelné platové krabice,

jelikož by se mohly vyskytnout při dalším tisku bublinky. V běžných podmínkách je obstojný, ale není vhodný do míst, kde by na něj mohlo zpříma svítit slunce (kolem 60 °C začíná měknout).

2.2. NEVÝHODY

2.2.1. Omezené materiály

3D tisk je stále novinkou, proto v oblasti modelování jsou stále ještě mezery v možnostech volby materiálu. Ty se však stále vyvíjejí a je jen otázkou času, než budou v nabídce i materiály, které nás nyní ani nenapadnou.

Například pro přímé použití v potravinářství vhodné materiály zatím v nabídce téměř nejsou. Existuje však alternativa FDM materiál, který už na trhu je a je určen pro potravinářskou klientelu, nicméně i zde je co zlepšovat. V dnešní době je vývoj tak rychlý, že nepochybuji o tom, že je jen otázkou času, kdy i v tomto odvětví budeme 3D tisk hojně využívat.

2.2.2. Omezený objem sestavení

S tímto problémem se setkávám i ve své závěrečné ateliérové práci. Jedná se o moment, kdy chceme vytisknout něco většího, než je velikost tiskové plochy. U tiskárny, na které tisknu, já (Průša MK2), je tisková plocha 20x25 centimetrů. V těchto případech musíme objekt rozdělit na menší (tisknutelné) plochy a následně je pospojovat tak, aby výsledek odpovídal návrhům. Díly lze pospojovat lepidlem nebo pomocí předem vytvořených „paciček“. Variant je mnoho. Čas, práce, následné sestavování dohromady jsou aspekty, kterými se může zvýšit cena a také velmi snadno se něco pokazí.

2.2.3. Následná péče

Kroky, které doprovází tvorbu po tisku, sice nevidíme, protože nejsou nikde prezentovány, to však neznamená, že se nedějí. Jedná se o nedílnou součást 3D tisku. Mnoho modelů se musí po sundání z podložky obrousit, lakovat nebo třeba i malovat. Některé tiskárny umí tisknout také podle barevného modelu. Moje to bohužel neumí. Na stránkách Průši RESEARCH je také založený blog, kde zveřejňují různé postupy a varianty tvorby. Tam jsem narazila také na článek, kde jeden kolega z jeho týmu maloval již vytisknuté postavičky a výsledek byl fascinující. Kdybych nevěděla, že se jedná o 3D tisk, vůbec bych si to nespojila. Konkrétně na těchto stránkách je mnoho zajímavých nápadů a vřele to doporučuji lidem, kteří se alespoň trochu zajímají o tuto tematiku.

2.2.4. Sériová výroba

V minulé kapitole o výhodách 3D tisku jsem zmínila, že lze krásně pracovat s jednotlivými modely a následně je kus od kusu měnit. Tudíž nemusíme vyhodit celou sérii, ale jen jeden nepovedený kus. Teď přichází otázka, co dělat, pokud potřebujeme několik stejných výrobků. Nemluvím o desítkách kusů, ale spíše o stovkách totožných kusů. Převážně se jedná o součástky nějaké průmyslové výroby.

3D tisk není vhodný pro velkou sériovou výrobu. Pod pojmem sériová výroba si představíme tisíce totožných výrobků. Sice to lze udělat, ale to bychom potřebovali 3D továrnu. Společnost Průša má tzv. Průša factory, kde má několik desítek tiskáren. K listopadu 2018 jich měl více jak 5 tisíc jen pro potřeby kanceláře. Samotná společnost Průša je velmi aktivní na sociálních sítích a díky tomu můžeme sledovat, jak chodí život 3D tisku v takto velkém monopolu. Společnost také založila PrůšaLAB, kam je

možné si zajít a využít i mnoho jiných přístrojů, které pomáhají k dotvoření vytištěných objektů. V tomto případě by bylo možné přikročit k sériové výrobě díky velkému počtu tiskáren. Ale kdo z nás má doma desítky tiskáren běžně jen k osobnímu využití? V tomto případě je stále vhodnější volba odlévání pomocí forem. Myslím, že to bude i podstatně rychlejší než 3D tisk, nicméně to je můj subjektivní názor.

2.2.5. Struktura vrstvení

3D tisk roste pomocí vrstvení tenkých vláken filamentu, která rychle schnou. Tímto způsobem nám po jednotlivých vrstvách roste model doslova před očima. Několikrát jsem i proces tisku detailně sledovala, abych lépe pochopila jeho princip. Avšak tyto na sebe naskládané vrstvy, které mne na mé umělecké cestě tolik baví a fascinují, se mohou jiným jevit jako problém a nedokonalost jinak dokonalé technologie.

Tisk je potřeba stále hlídat, jinak se nám může stát, že se třeba tryska za špatnou vrstvu zasekne a poruší dosud vytisknutý proces. Což samozřejmě nikdo z nás nechce. Hlavně ne v případech (ano, vycházím z vlastní zkušenosti), když máme vytisknutých 98 % z celkového modelu a čas práce se pohybuje v rámci desítek hodin.

Díky vrstvám však nastává (nebo spíše může nastávat) problém po delší době, kdy je výsledek vystaven neúprosné každodenní zátěži. Jedním z problémů je, že se pod vlivem gravitace vrstvy od sebe začnou rozpojovat. Není to pravidlem, ale zároveň nemůžeme dělat, že se to neděje. Zde hraje velkou roli předem zvolený materiál vůči reálnému použití. Mě se to u objektů nikdy nestalo, ale věřím, že tu pravděpodobnost je. Také je ale pravda, že já své objekty nijak fyzicky nenamáhám, což v tomto případě hraje velkou roli. Po následném rozdělení vrstev může dojít ke zborcení celé konstrukce, které byl tisk součástí. V těch-

to momentech, kdy je předem znám fakt, že součástka bude nadměrně namáhaná, je nejlepším rozhodnutím použít metodu vstřikování a 3D tisku se vyhnout.

3. VZTAH UMĚLCŮ ZABÝVAJÍCÍCH SE 3D TISKEM A SPOLUPRÁCE S DALŠÍMI MISTRY SVÉHO OBORU

3.1. Karel Malich

Karla Malicha známe jako jednoho z našich nejvýznamnějších umělců. Ve svých začátcích byl znám spíše jako krajinář, avšak postupem času svou tvorbu zjednodušoval až do geometrické abstrakce. Už v té době vynikal nad svými kolegy, jelikož jeho tvorbu nalezneme namalovanou spíše na orientovanou výšku. Na rozdíl od ostatních kteří malovali krajinomalbu na šířku. Malich se zabýval mnoha technikami: krajinomalbou, kresbou pastelem, sochařstvím, ohýbání drátů či plexisklem. V jeho tvorbě se prolínala citlivost, vztah k přírodě, ale také vnímavost k dějům okolo či intenzivní vnitřní prožitky a osobitá symbolika. Postupem času se projeví dvě formy jeho tvorby na které se soustředil, trojrozměrné objekty vytvořené s hliněných drátů a abstraktní pastelové kresby.

Škála užitých technik zahrnovala kromě kvaše a tempery také kresbu a koláž. Pro inspiraci Malich sahal až k přehodnocování modernistických směrů – fauvismu, expresionismu, analytickému kubismu či dokonce suprematismu. Předělem mezi zjednodušováním krajinných předloh a osvobozením od nich se staly tzv. Bílé krajiny – vzniklé v létě roku 1960. Malichovo dílo je od této doby nezávislejší na empirické realitě, prosazuje se monochromní barevností, tvarově je však odvozené od raného umělcova díla. Tatáž krajina, která v této době ukazuje umělci cestu k abstrakci, bude v jeho díle latentně přítomna i v těch nejabstraktnějších obdobích.

Stejně emotivně jako k přírodě přistupoval Malich i k užívaným geometrickým tvarům a významům, které jim připisoval. Bod chápal jako zdroj napětí, koncentrovanou energii, kruh vnímal nejen jako věčnou smyčku – ale poukazoval i na jeho nesvobodu, kterou se snažil narušit událostmi na jeho obvodu (Událost na kruhu, 1963) nebo jeho stlačením. „Uzavřený – pocit nekonečnosti pohybu, omezenosti, nesvobody. Oběh energie, průtok, únik pohybem, jiskření. Neuzavřený – svoboda, vyjít ven, tendence otevírání až v přímku. Vede energie a vypouští.“

V dnešní době je mnoho umělců, který využívají nové technologie ke své tvorbě. Ať už jako prostředek k vytvoření autorských objektů, nebo jich využijí jako součást umělecké instalace. Jedním z těchto umělců je Karel Malich. Nejenže maloval obrazy, dělal grafiky, tvořil plastiky, ale také vytvářel díla pomocí „nových“ technologií. V Galerii Zdeňka Sklenáře můžeme vidět mimo jeho klasických děl také právě tato neobvyklá. Jedná se o soubor grafik, které můžeme najít pod názvem Fine art. Jsou vytištěné na hliněné desce a pokryté plexisklem. Karel Malich je nenechal vytvořit nýbrž galerie samotná. Jedná se o dokonalé repliky jeho starších kreseb a sám autor se na jejich vytvoření nepodílel. Na obrazech na první pohled neuvidíme nic neobvyklého, budou nám připadat jako jiná jeho díla, ale po bližším zkoumání si všimneme zvláštního odlesku. A po detailnějším pohledu z boku nás zarazí, jak je to vlastně vyrobené. Sama bych na to jen pouhým pohledem nepřišla. Díky vědomostem paní kurátorky jsem se však dozvěděla, čím jsou grafiky tak zvláštní a jak byly pravděpodobně vytvořené. V umělecké sféře je velmi milé najít díla, na kterých je vidět, že umělec se nenechal pohlit pouze tradiční tvorbou, ale šel i dál. Pomocí těchto zkoušek a zhmotněných myšlenek to posouvá dál v rámci uměleckého vyjadřování i další umělce. Vždy se můžeme inspirovat a je už na nás, jakou konkrétní fázi tvorby se necháme ovlivnit.

Pravděpodobným důvodem, proč umělci objevují zálibu v 3D tisku, je jeho variabilita, časové možnosti a možnosti vytvořit si vše víceméně doma z vlastních prostředků. Umění je věc, která podléhá době a moderním věcem kolem nás. Nové technologie lákají jako samotné umění kvůli své neustále měnící se myšlence. Myslím, že je to velmi lákavá myšlenka pro někoho, kdo se nechává ovlivňovat okolím a životem, co mu přinese.

Je mnoho umělců, kteří se zabývají 3D tiskem nebo ho používají ve své tvorbě. Ve své práci bych se chtěla zmínit o 3 umělcích, kteří mě až už přístupem nebo použitím tohoto tématu oslovili.

3.2. MARCO MAHLER

Marco nepracuje s 3D tiskem způsobem, který by nás na první pohled napadl. Autor se ve své umělecké tvorbě zabývá horizontálními objekty, které jsou zavěšené v prostoru. Převážně jsou složeny z plastových plátů na kovových konstrukcích, díky kterým to drží vše pohromadě. Marco se řadí mezi kinetické umělce 21. století. Proto jsme schopni sledovat jeho pohyb a tvorbu na sociálních sítích (jako vlastně všichni umělci, o kterých se chci zde zmiňovat). Jsem ráda, že žijeme v této době a jsme schopni (jako obyčejní smrtelníci) blíže nahlédnout do procesů tvorby, či kdy a kde se bude vystavovat pro nás zajímavý umělec.

Velmi mě zaujala spolupráce Marca s matematikem Henrym Se-germanem, docentem na katedře matematiky na Oklahomské státní univerzitě. Společně pracovali na knize Visualizing Mathematics with 3D Printing, kde se snaží převést matematiku a její pravidla v rámci 3D tisku. Zkoušela jsem tisknout modely podle této knihy, ale stala se někde chyba a bohužel se mi to nezdařilo. Model mám sice připravený na tisk, ale bohužel tiskárna

nespolupracuje. Netuším, kde se stala chyba, ale tiskárna mi v tomto případě sděluje hlášku, se kterou jsem se ještě doposud nesetkala. Pohledání informací jsem našla i varianty, kdy se to druhým povedlo.

V rámci tvorby spojené s matematikou spolu tito dva umělci vytvořili 3D Printed Mobiles. Jedná se o modely vytištěné již v kuse, i když to tak na první pohled nevypadá. Jednotlivé kusy z celého modelu jsou vypočítány na 1/1000 milimetru (1/25360th palce), kdy právě k tomu pomohla matematika. Některé části těchto objektů jsou vytvořeny/navrhnuty ručně pomocí 3D programů, jiné jsou vytvořené pomocí skriptů. Skripty si sami napsali. Díky použití těchto dat je možné vytvořit velmi složitý objekt za poměrně krátkou dobu. Kdyby se to mělo všechno navrhovat ručně, detail po detailu, bylo by to velmi náročné, až už z časového hlediska, nebo kvůli riziku, že ve výsledku to nebude zapadat dokonale na svá místa a celé se to budeme muset tisknout znovu. Jedním z takto složitých modelů je Kvartérní strom (Quaternary tree) úroveň 6, který se skládá z 1365 kusů. Jedná se o zavěšené, navzájem propojené kinetické objekty, které se pohybují samostatně jen pouze na základě okolních vjemů.

Pro vizuální ukázkou vkládám QR k videu, kde jsou zachycené právě tyto skulptury.

Mě osobně některé evokují rybí kosti nebo padající listy ze stromů. Zajímavostí těchto modelů je, že jsou tvořeny pomocí technologií „white strong flexible“ - laserem slinutý nylonový plast. Nejenže je tento materiál žáruvzdorný (do 80 °C), ale je také vhodný například pro mytí v myčce. Což mi čistě z praktického hlediska přijde opravdu moc chytrá inovace. Modely byly vytištěné na zakázku u společnosti Shapeways. Obrovská výhoda těchto modelů je, že kdykoli můžete kontaktovat autora, on nechá konkrétní kus vytisknout a následně vám ho

zašle na požadované místo. Rozhodně to vidím jako obrovský benefit dnešní doby, kdy i „normální“ člověk si může pořídit originál přímo od autora a nestojí ho to jako nový dům.

Něco málo k autorovi. Marco Mahler je rodák z Chicaga, vyrostl ve Švýcarsku, ale momentálně žije se svou rodinou v Richmondu. O sobě tvrdí: „Jsem kinetický sochař se specializací na mobilní sochy.“ Vše vyrábí ručně (nebo za pomoci 3D tiskáren). Zaměřuje se převážně na obrovské instalace zavěšené v prostorných halách. Jeho práce máme možnost vidět v New York Fashion Week v Bryant Parku, ve Washingtonu, DC nebo v komerčních prostorách, galeriích, obchodních domech či v soukromých objektech sběratelů a milovníků umění. Jakožto současně žijícího umělce moderní doby ho můžeme sledovat na sociálních sítích. Díky tomu máme možnost sledovat, na čem momentálně pracuje nebo kde vystavuje.

3.3. THEO JANSEN

Dalším umělcem, který mě zaujal svým využíváním 3D tisku ve své tvorbě je Nizozemec Theo Jansen. Taktéž se zabývá kinetickým uměním jako Mahler, ale na rozdíl na něj vytváří samostatně se pohybující se megalomanské sochy. Mahler nevytváří také objekty velkých rozměrů, ale jsou to spíše zavěšené pláty, které se lehce pohybují v důsledku gravitace a vánku. Oproti tomu Jansen vytváří kinetické sochy obrovských rozměrů, které se samy pohybují díky přírodním vlivům (příliv, vítr) a využívá tak ke své tvorbě znalost fyzikálních zákonů.

Od roku 1990 se zabývá vytvářením „nových forem života“, dá se říci, že vytváří z recyklovaných materiálů. Současné modely vytváří za pomoci žlutých elektrikařských trubek, plastových lahví a kousků zbylých igelitů. Objekty se prezentují pod názvem „Strandbeests“ nebo také pod jejich pracovním názvem „Plážová zvířata“. Díky jejich lehké konstrukci jsou schopny se samo-

volně pohybovat jen za pomoci větru přicházejícího od moře. Může se stát, že pokud se budete procházet na nizozemských plážích, tyto plážové obry potkáte. Svě výtvoř začal kreslit před několika lety. Věnoval se hlavně nákresům a možnostem využití materiálů, které budou fungovat samy od sebe bez jakékoli robotické nebo lidské pomoci.

Konstrukce jsou sestavené na základě jedenácti „svatých čísel“, které drží osu i kyčle ve stejné výšce, tím pádem se nezbytí a mohou se tak pohybovat. Na první pohled některé připomínají futuristickou stonožku (tedy alespoň mě).

Sám autor popisuje svou myšlenku ohledně budoucnosti svých modelů takto: „Postupem času se tyto kostry stále více zlepšovaly v přežití, v podmínkách jako jsou bouře a voda, a nakonec chci tato zvířata umístit na pláže a budou žít svůj vlastní život.“

Zde není důležitý 3D tisk z pohledu celého objektu, ale funguje zde jako pomoc při tvorbě a vymýšlení samotných konstrukcí. Jansen si tiskne malé zkušební modely, na kterých snadno ověří, zda vše funguje podle jeho představ, a následně je v měřítku zvětší. Je mnohem jednodušší objevit chybu v malém modelu, u kterého je možné cokoli upravit než u několikametrového.

Tak jako Mahler má i Jansen své sociální sítě na kterých je poměrně aktivní. Pravidelně také vystupuje na různých konferencích a přednáškách jako speaker. Narazila jsem na záznam z konference TED, kde Jansen popisoval svou práci.

TED je každoroční konference s heslem „myšlenky, které stojí za rozšíření“. Zkratka TED znamená Technology, Entertainment, Design, a skládá se z několika časově omezených přednášek. Přednášky se nazývají TED Talks a jsou v nich obsažena nejruznější společenská témata společnosti. Mezi přednášejícími nalezneme umělce, politiky, techniky, byznysmeny, lidi ze zábavního průmyslu, prostě kohokoli, kdo je svou tvorbou či názory osvětový nebo jiným způsobem zajímavý a má co předat dál. Zajímavostí je, že v minulosti byli mezi přednášejícími i laureáti

Nobelovy ceny. V České republice se tyto přednášky také pořádají už několik let. V roce 2019 byla jedna z konferencí na téma svár. Vystoupilo na ní mnoho zajímavých řečníků, mezi které patřil slovenský reportér Tomáš Ferró, Petra Wünschová, zakladatelka centra Locika, psycholog Michal Miovský, česká jaderná fyzička Dana Drábová nebo náš nový děkan Osamu Okamura. Je vidět, jak se pořadatelé snaží mít co nejširší záběr osobností. Myslím, že každý si něco z konference odnese, a to je to hlavní. Další přesah Jansenovy tvorby najdeme asi v oblasti, kterou bychom asi jen tak nehledali. Během hledání informací jsem narazila na něco jako stavebnici Merkur, jen si sestavíte zmenšeninu plážových zvířat. Vyrábí se pod značkou Jr. Scientist nebo Heyzlass. Rozvíjí u dětí zájem o umění a vědu. Je to poprvé, co jsem si všimla, že by se dělaly alternativy uměleckých děl pro dětské obdivovatele nebo rodiče, kteří si plní svá dětská přání. Theo Jansen do svého portfolia zařazuje také tvorbu výukových videí. Každé video má své téma, které Theo sám řeší a vysvětluje. Jako ukázky si bere kousky ze svých děl a na nich prezentuje fyziku v praxi, jak se dané kusy mohou pohybovat atd...

3.4. GILLES AZZARO

Gilles Azzaro byl jedním z umělců, kteří mě ihned oslovili svou tvorbou během mé research o 3D tisku. Tento francouzský umělec si sám přezdívá „Sculpteur de Voix“ neboli Hlasový sochař. Ve zkratce by se dalo říci, že zhmotňuje pomocí 3D tisku zvuk nebo hlasový záznam, který my vnímáme jako samozřejmost. Já jsem se také zatím nezaměřila na toto odvětví, ale když se člověk zamyslí je vlastně mluvení či jakýkoli zvuk má obrovské možnosti a variabilitu jak ho ztvárnit. Svůj zájem o zaznamenávání zvuku započal už ve svých 17 letech, kdy pracoval na vývoji digitálních bicích nástrojů. Po studiu se začal zajímat o cestu zvuku, kdy zkoumal jeho neviditelnou

stopu a také se zamýšlel jak zvuk prostupuje do vesmíru. Nikdy mě nenapadlo se tímto způsobem o zvuk zajímat a přemýšlet nad tím, zda je možné zvuk dostat do tak vzdálených sfér.

Na základě těchto studií se rozhodl vymyslet systém, který by pomohl zvuk zviditelnit. Tento systém získal v roce 2006 cenu Matérialisation Tridimensionnelle en Déplacement de Formes Sonores / et ou Vidéo dans l'Espace. Tentýž rok se začal vytvářet svá první díla.

Dalo by se říci, že našel díru na trhu. Nahrávku hlasu, tedy její stopu začal zaznamenávat do plíšků, kde se z toho následně stal šperk. Která zamilovaná dívka bych nechtěla nosit vizualizovanou hlasovou stopu svého milého právě když říká „JE T'AI ME“, Miluji Tě. Následně vytvořil kolekci 250 číslovaných šperků, kdy nahrávku zaznamenával pomocí trojrozměrného gravírování do skla. Jedná se o jakési poselství milovat a být milován. Do dnešních dní je možné si přes e-shop objednat svou nahrávku, stačí si vyhledat „ LOVE IS THE ANSWER“.

V roce 2007 vymyslel koncept, kdy pomocí kresby slov a frází se dají navrhovat budovy, okresy i města. Z pohledu dnešní doby, kdy se můžeme podívat na jeho pozdější díla je zřejmé, že se jedná o stejného umělce, jelikož jeho tvarosloví se prokresluje ve všech jeho projektech. Je pravdou, že každý z umělců za sebou zanechává jakou svojí stopu a díky ní jsme schopni identifikovat jaká umělec se na díla podílel (tedy většinou – až na výjimky). V roce 2011 uspořádal svou první výstavu „Vize šumivého hlasu“ - The vision of a sparkling voice. Mohli jsme zde vidět interaktivní digitální díla s audio nahrávkami významných osobností 20. a 21. století. Vybral si osobnosti, které jsou známé pro většinu populace a jejich vliv se nějakým způsobem zapsal do dějin. Například Steve Jobs, Marilyn Monroe, Albert Einstein či Gandhi.

„V 5ti letech jsem si myslel, že hlasy lidí mají tvář. Začal jsem kreslit modré tvary, vždy modré. Tuto barvu si spojuji s něčím, co je nekonečné, jako moře nebo obloha. Lidský hlas jsem si vizualizoval tolik, když jsem byl malý, abych ho skutečně viděl.“

Gilles AZZARO

Velmi zajímavé je, že tuto expozici představil na filmovém festivalu v Cannes v roce 2012 a to na galerii 104 v Paříži, kde Azzaro svá díla propojil s diváky díky moderním technologiím. Návštěvníci si mohli přes telefon či tablet poslechnout jednotlivé nahrávky spojené s jeho díly. Pijde mi to jako velmi inovativní, spojení návštěvníka a umělce je vždy velmi cenné. Pokud umělec vymyslí nějaký způsob, jak svou věc ukázat „vlastníma očima“ i lidem, kteří doposud nic takového neviděli. Je velká pravděpodobnost, že si dílo daleko více zapamatuje a bude mít i veliký dosah.

Technologii 3D tisku využívá jiným způsobem než Mahler či Jansen. Tentokrát se je to přímá součást objektu. Dalo by se říci, že něco jako pro sochaře hlína nebo pro malíře barva. A díky tomu mě svou tvorbou velmi oslovil. Když jsem zprvu viděla jeho práce, hned jsem v nich viděla určitou podobnost s mými objekty, které jsem dělala v rámci bakalářské práce. Avšak Azzaro má úplně jiné důvody, proč je takto vytváří (on zhmotňuje zvuk, já dělala formy na dorty).

Jeho nejznámější dílo vytvořil v roce 2013 a to první hlasovou sochu. Nápad mu vnukl samotný Barack Obama. Když si poslechl jeho projev na Kongresu v roce 2013 na téma FabLabs a 3D tisk. V projevu se zmínil, že 3D tisk je příští průmyslovou revolucí. To stačilo Azzarovi, aby 8 měsíců poté představil světu své nejznámější dílo Next Industrial Revolution. Tento objekt se tiskl dlouhých 350 hodin, je dlouhý 1,52 metru a váží 100 kg. Poprvé ho představil má 3D tiskové výstavě v listopadu 2013, poté s ním cestoval také do New Yorku nebo Paříže.

Jeho práce se dostala až k samotnému americkému prezidentovi Baracku Obamovi. Dne 18. června 2014 byl Gilles Azzaro pozván do Bílého domu, kde mohl samotnému prezidentovi představit své dílo Barack OBAMA - příští průmyslová revoluce. Pro lepší ukázkou díla má Azzaro na svém YouTube kanále videa vztahující se k jeho práci. Níže jsem vložila QR kódy, kde je možné se podívat jak na samotný objekt, tak i na záznam z Bílého domu.

Dále Gilles stále pokračuje ve svých 3D objektech. V roce 2018 vytvořil Between Earth and Sky. Vidíme vznášející se objekt v plexisklové bublině, kdy autor odkazuje na symboliku rovnováhy, nevyváženosti a nestability. Elektromagnetismus mu pomohl k levitujícímu se objektu a plexisklová bublina zase chrání samotný tisk před okolními vlivy. Dalo by se říci, že tato práce ho inspirovala k další hlasové soše, kdy zhmotnil jednu z nejznámějších vět lidstva a to „Small step for man giant leap for mankind“, kterou pronesl Niel Armstrong při vstupu na měsíc. Gilles Azzaro mě svou tvorbou velmi zajímá a budu určitě sledovat jeho kroky dál. I tím, že má své sociální sítě, na kterých se aktivně prezentuje. Rozhodla jsem se ho i kontaktovat a s překvapením mi odpověděl. Ptala jsem se ho, zda má v plánu někdy zamířit také do České republiky, ale bohužel tomu tak není. Dostala jsem od něj i další materiály, kde jsou rozhovory s ním. Jedním z nich je článek v čínského časopisu (samozřejmě v čínském jazyce). Jediná jeho probíhající výstava je v Singapuru v Science Center, ale toto mi psal ještě před COVID-19, takže je možné že na dlouho dobu to bude jediné místo kde se na jeho díla můžeme podívat. Nicméně jsem velmi ráda, že jsem se s ním mohla kontaktovat a mít tak osobní vazbu jedním z umělců, kteří mě inspirují.

4. ZÁVĚR

Tato teoretická práce přibližuje svět 3D tisku i člověku, který doposud neměl možnost se s ním setkat. Je zde zmíněná historie a počátky 3D tisku, jeho principy materiály i využití. Je důležité si uvědomit, že každý materiál i správná volba tisku je klíčovým faktorem pro úspěšný výsledný model. Proto zde představuji výhody i nevýhody samotného tisku či materiálů se kterými jsem se setkala. Myslím si, že osobní zkušenosti jsou v tomto odvětví velmi cenou informací. Proto také vzniká mnoho skupin na sociálních sítích, kde tiskaři mezi sebou konzultují své výrobky nebo řeší problémy.

Představuji 3D tisk jako jednu další z variant výroby složitých tvarů nebo využití speciálních materiálů například pro architekturu či medicínu. Rozhodně odvětví, kde 3D tisk vidíme, je nepřeborné množství, kdy se každým dnem rozšiřuje a využívá nejrůznějšími způsoby. Jak Obama ve svém projevu řekl, 3D tisk je další průmyslová revoluce.

Umělců, která využívají 3D tisk nebo samotné tiskárny je na světě mnoho. Já si vybrala 3, kteří mě svou tvorbou oslovili nejvíce. Snažila jsem se najít i umělce, kteří k 3D tisku přistupují jinými způsoby. Marco Mahlera jsem si vybrala, jelikož propojuje matematiku a umění za pomoci 3D tisku. Theo Jansen je umělec, který 3D tisk využívá spíše pro zmenšeniny svých obrovských kinetických soch. Zmenšeniny mu pomáhají zjistit, chyby v konstrukci ještě dříve, než by je odhalil po vytvoření výsledné sochy. A nakonec Gilles Azzaro, ten 3D tisk využívá jako materiál pro zhmotnění svých zvukových stop. Výsledné modely samy o sobě upoutají pozornost, kdy jejich benefitem je propojení se současným světem pomocí hlasu významných osobností.

Díky této práci jsem si prohloubila povědomí s této technologií, která má obrovský potenciál do dob budoucích. Obohatilo

mne to jak z osobního, tak i uměleckého hlediska. 3D tisk je nepřeborná studna inspirace a možností.

5. SLOVNÍK ZÁKLADNÍCH POJMŮ

FDM (Fused Deposition Modeling) - modelování dispozicí taveniny

FFF (Fused Filament Fabrication) - výroba ztaveného vlákna
Filament - z anglického překladu vlákno (nejčastěji se označuje jako struna pro výrobu finálního výrobku)

Typy Filamentů:

PLA - polylactic acid – kyselina polymléčná – nejběžnější typ filamentu

MAGNETIC IRON - typ tiskového vlákna s magnetickou úpravou

ABS - Akrylonitrilbutadienstyren - filament odolný proti mechanickému poškození

PET-G - Polyethylentereftalát G znamená modifikovaný glykol – díky úpravě je odolnější před kyselinami a rozpouštědly

PET - Polyethylentereftalát - filament odolný přes středním zatížením – výroba PET lahví

SBS - Poly (styren-butadien-styren) – polopružný materiál s možností vyhladit ho ředidlem

6. ZDROJE:

LITERÁRNÍ

STŘÍTESKÝ, O., PRŮŠA, J., BACH, M. Základy 3D tisku s Josefem Průšou. 1.st ed. Praha: Průša Research s.r.o., 2019.

KLOSKI, Liza Wallach a Nick KLOSKI. Začínáme s 3D tiskem. Přeložil Jakub GONER. Brno: Computer Press, 2017. ISBN 978-80-251-4876-1.

KADLEC, M. Reprodukce objektů pomocí 3D tisku v hyperbarickém prostředí: bakalářská. Praha: UNIVERZITA KARLOVA, Prosinec 2017.

SEGERMAN, Henry. Visualizing mathematics with 3D printing. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2016.

ELEKTRONICKÉ

Scienceworld | 3D tisk v medicíně: Dnešní realita a budoucnost. Science World.cz | Novinky ze světa vědy a techniky: technologie, neživá příroda, člověk, biologie [online]. Dostupné z: <https://www.scienceworld.cz/aktuality/3d-tisk-v%C2%A0medicine-dnesni-realita-a-budoucnost/>

The Beautiful Math of 3D Printed Mobiles - Shapeways Blog. 3D Printing Service | Shapeways [online]. Copyright © 2008 [cit. 23.02.2020]. Dostupné z: <https://www.shapeways.com/blog/archives/2061-the-beautiful-math-of-3d-printed-mobiles.html>

Theo Jansen - Wikipedia. [online]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Theo_Jansen

3D Printed Mobiles. Mobiles - Large Custom Suspended Kinetic Art Sculptures [online]. z: <https://www.marcomahler.com/3d-printed-mobiles/>

Mobiles - Large Custom Suspended Kinetic Art Sculptures. Mobiles - Large Custom Suspended Kinetic Art Sculptures [online]. Copyright © 2020 Marco Mahler [cit. 23.02.2020]. Dostupné z: <https://www.marcomahler.com/>

Visualizing Mathematics with 3D Printing. Visualizing Mathematics with 3D Printing [online]. Dostupné z: <http://www.3dprint-math.com/about>

The Beautiful Math of 3D Printed Mobiles - Shapeways Blog. 3D Printing Service | Shapeways [online]. Copyright © 2008 [cit. 23.02.2020]. Dostupné z: <https://www.shapeways.com/blog/archives/2061-the-beautiful-math-of-3d-printed-mobiles.html>

Theo Jansen | Speaker | TED. TED: Ideas worth spreading [online]. Copyright © TED z: https://www.ted.com/speakers/theo_jansen

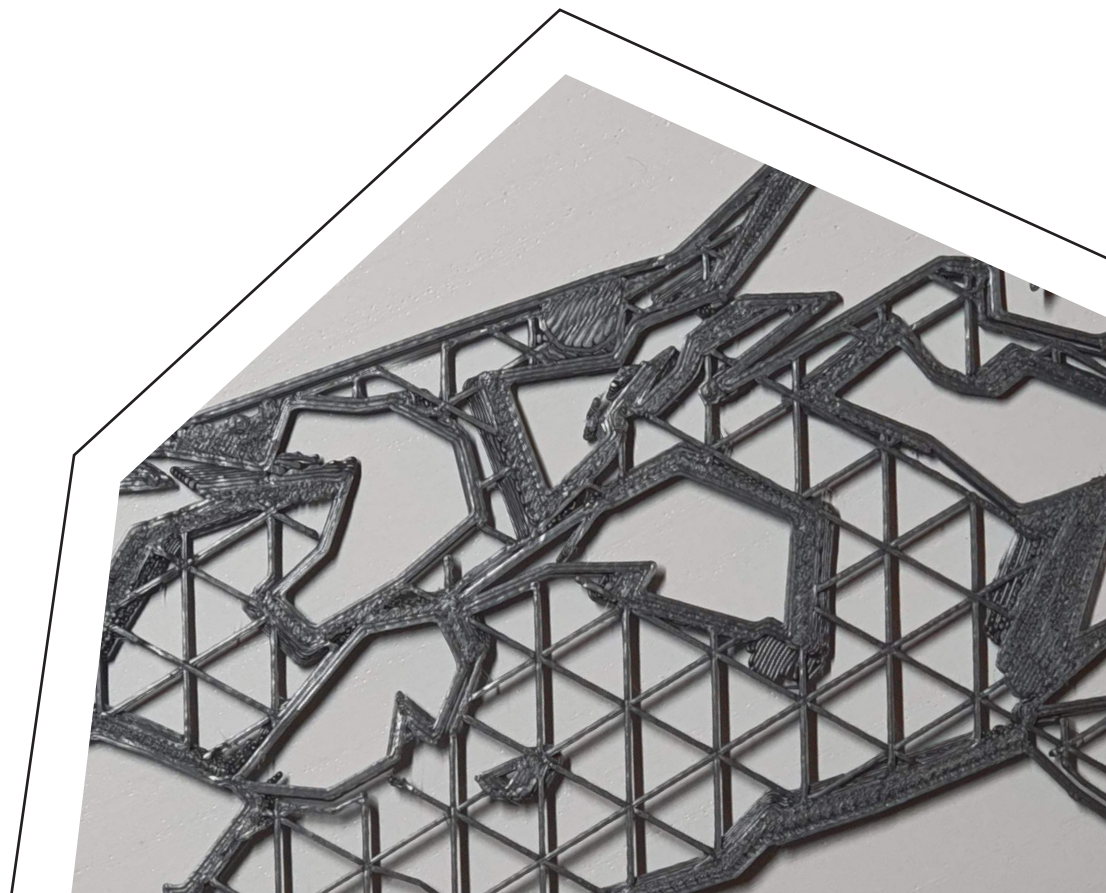
400 Bad Request. PrusaLab - Nejlepší makerspace ve městě [online]. Dostupné z: https://prusalab.cz/#_ga=2.29284980.937663611.1580932101-828433075.1570983121

3D Printing Services | 3D Scanning Services | 3 Space. 3D Printing Services | 3D Scanning Services | 3 Space [online].

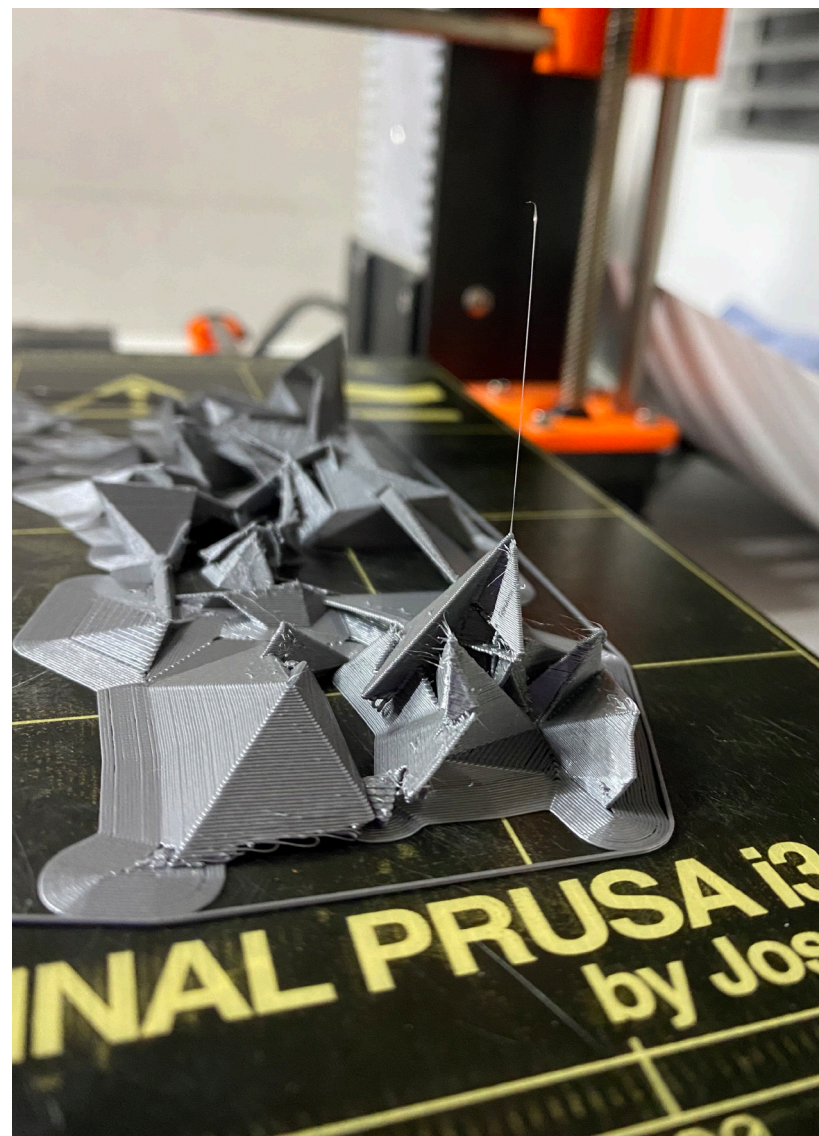
Copyright © 3 Space [cit. 23.02.2020]. Dostupné z: <https://3space.com/>

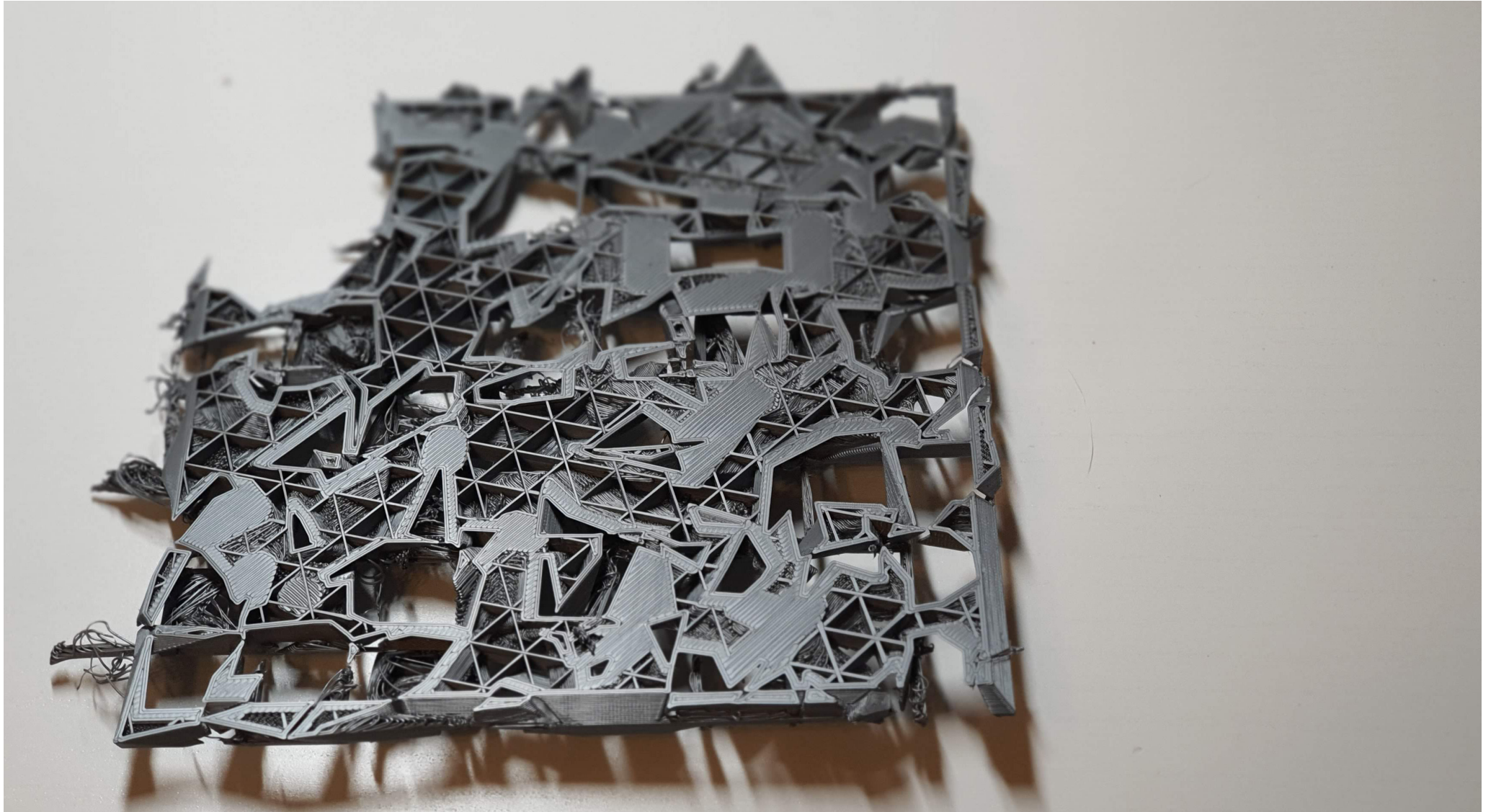
PrusaPrinters. PrusaPrinters [online]. Dostupné z: https://www.prusaprinters.org/#_ga=2.268377991.801480013.1582460538-828433075.1570983121

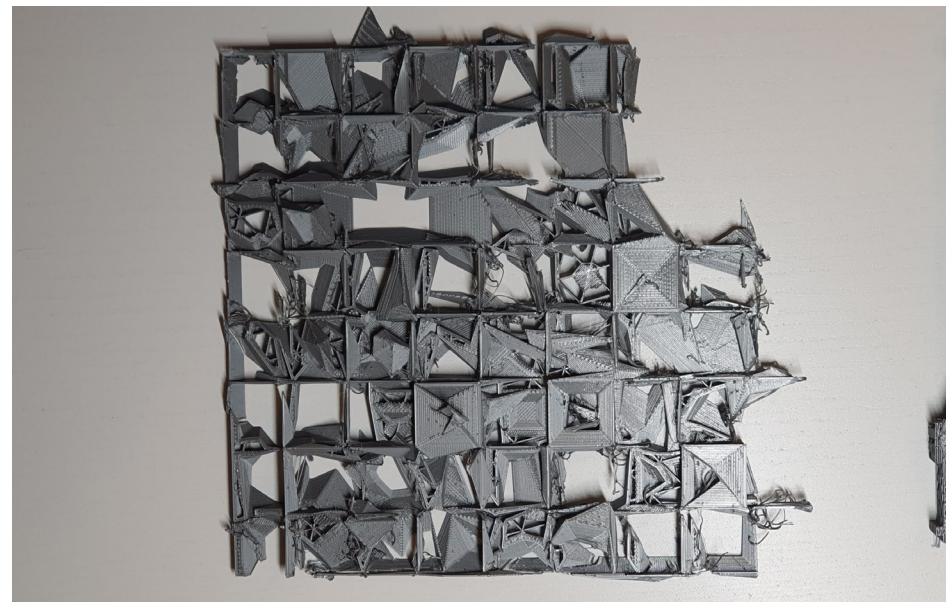
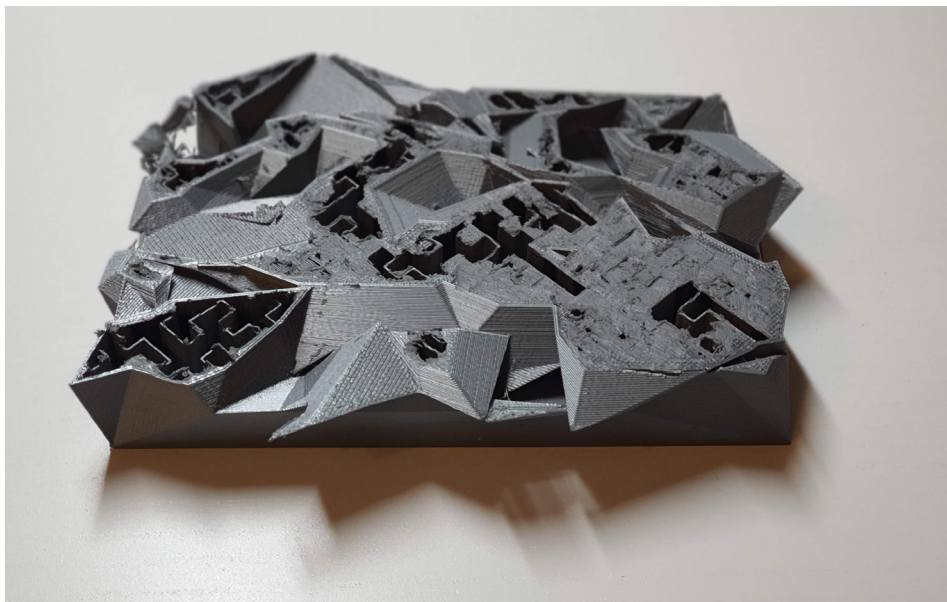
[online]. Dostupné z: <http://www.munimedia.cz/prispevek/cesi-i-zahranicni-recnici-prilakali-stovky-navstevniku-konference-tedxprague-nesla-tema-svar-15922/>



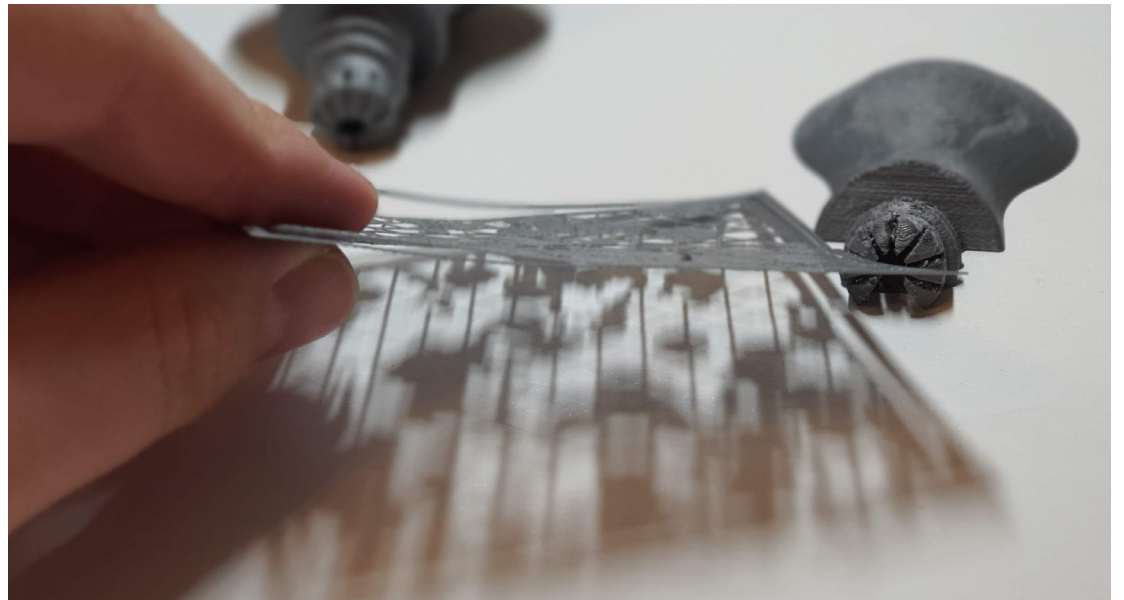
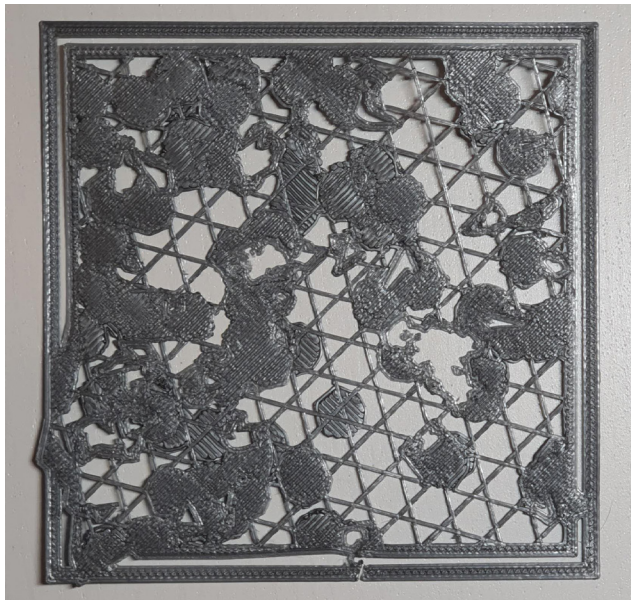
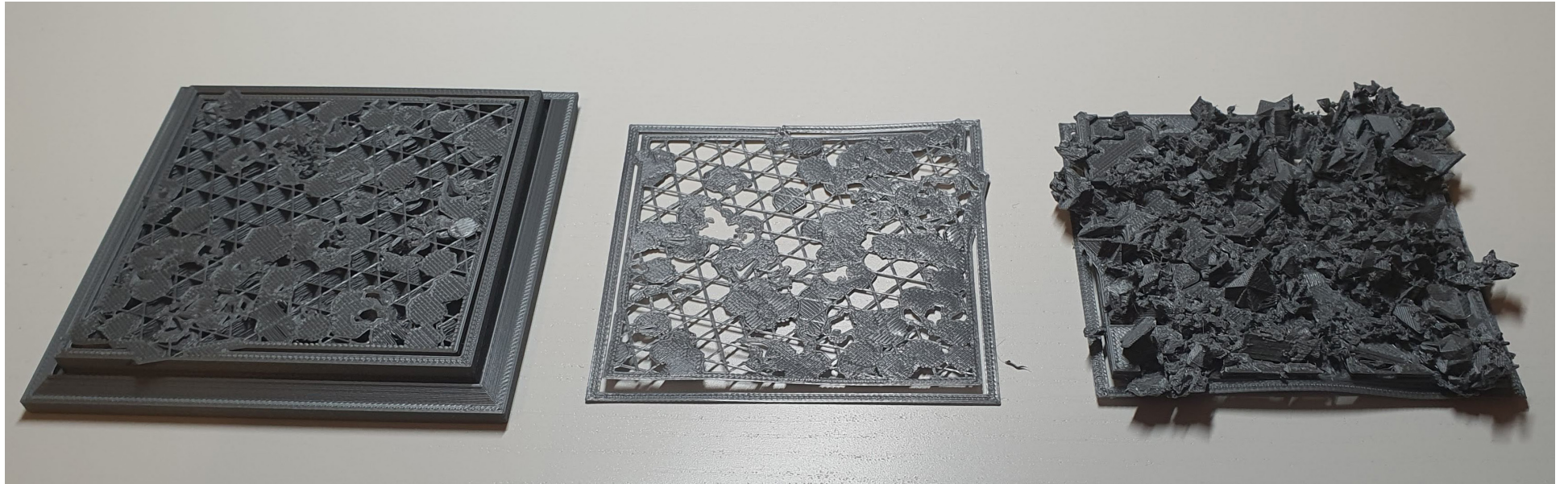
3/ OBRAZOVÁ DOKUMENTACE

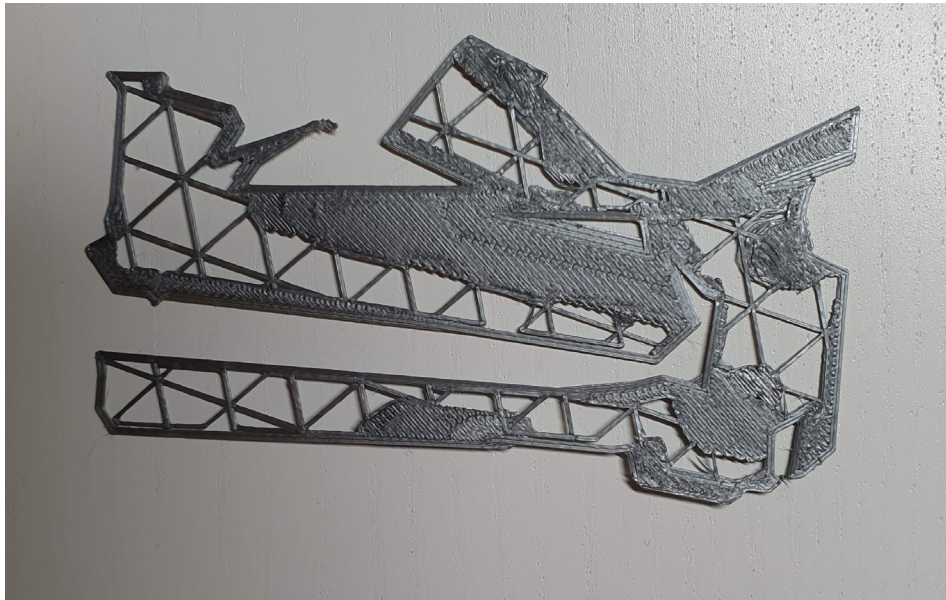
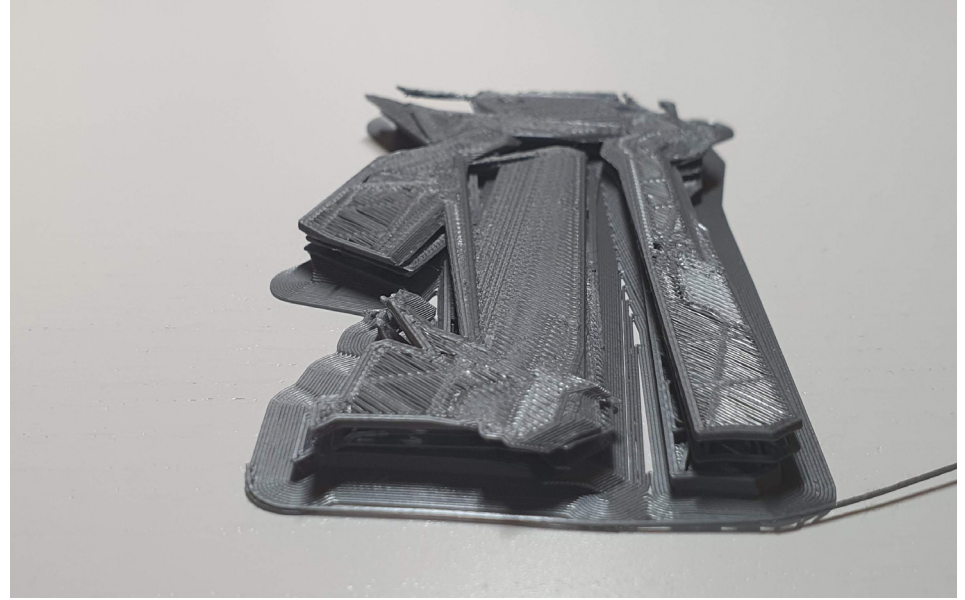
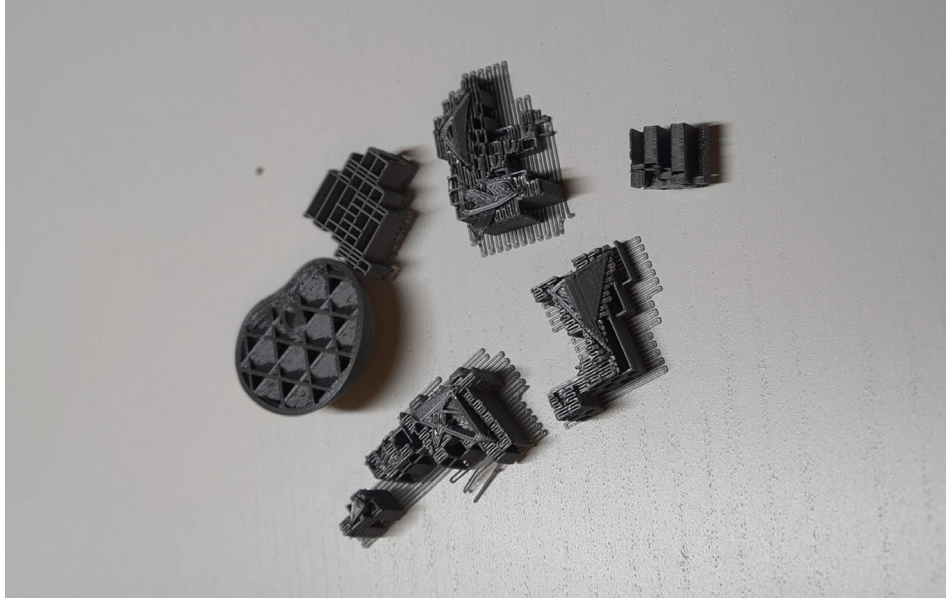


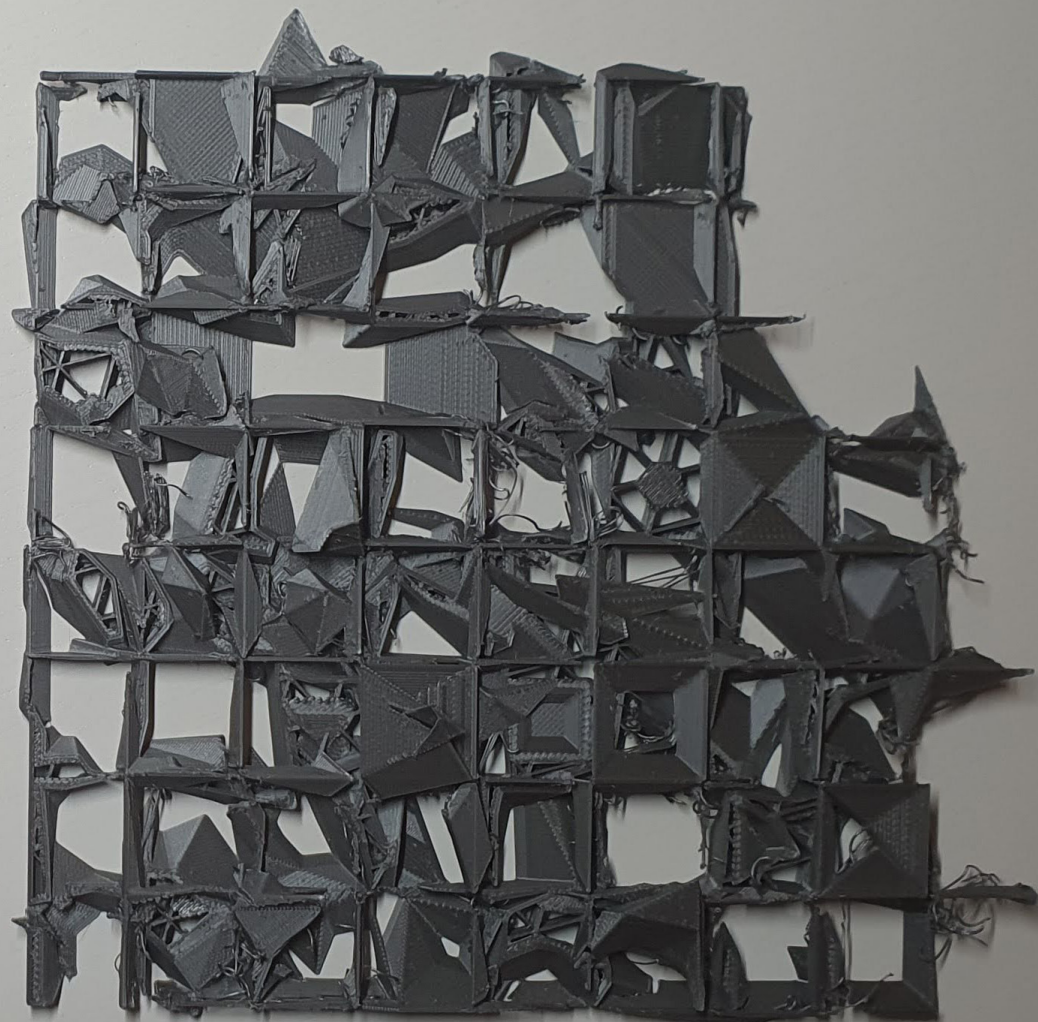
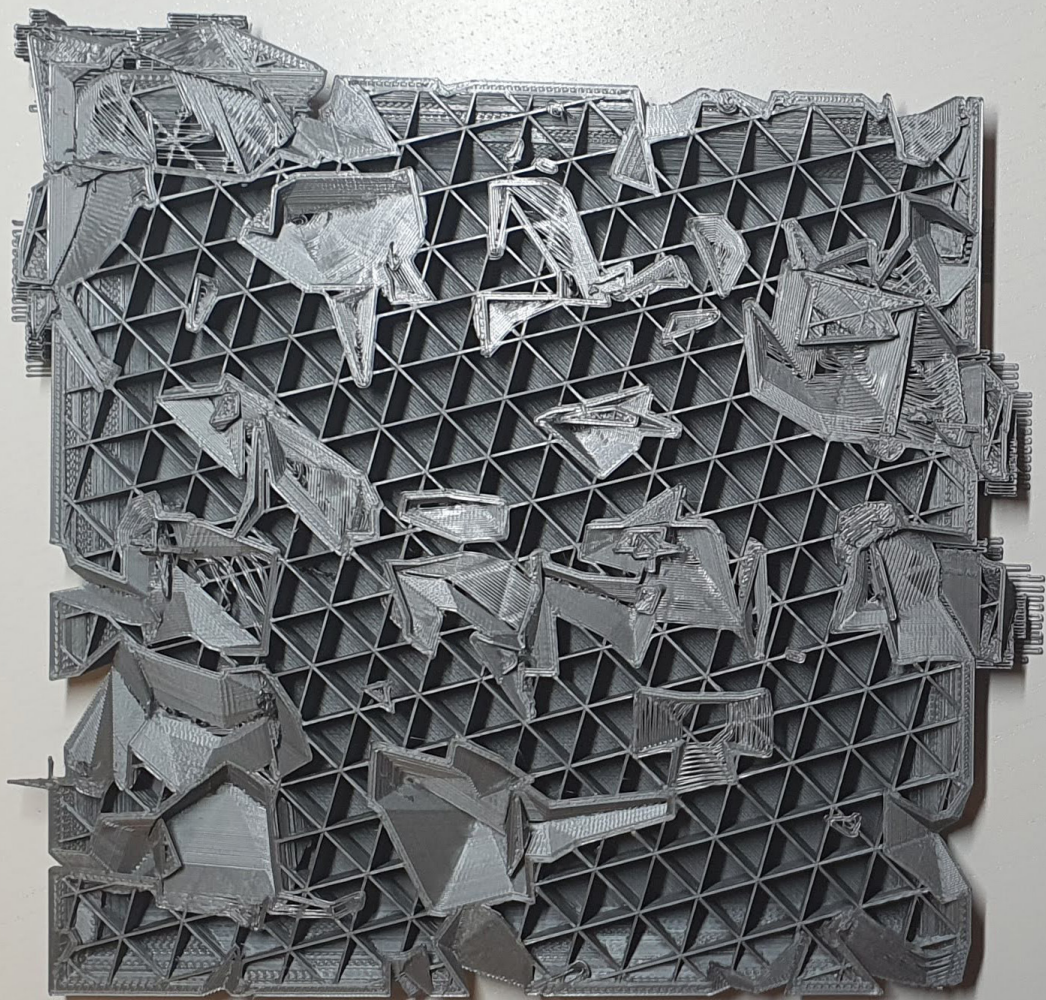


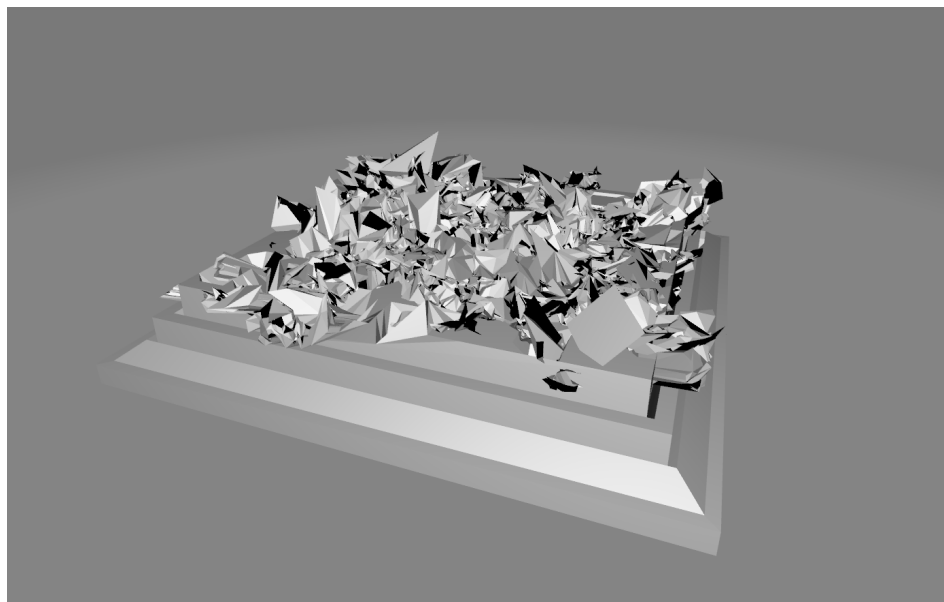
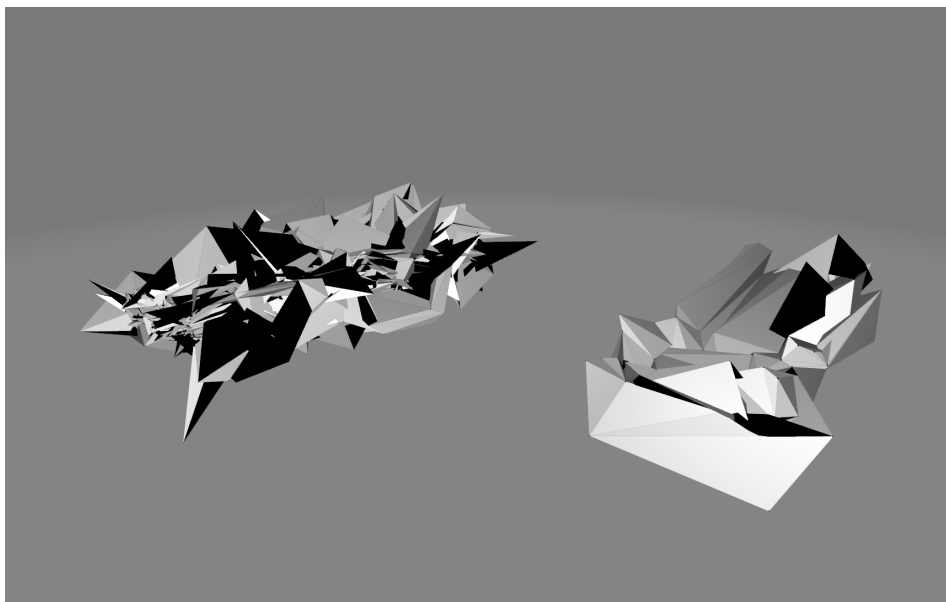
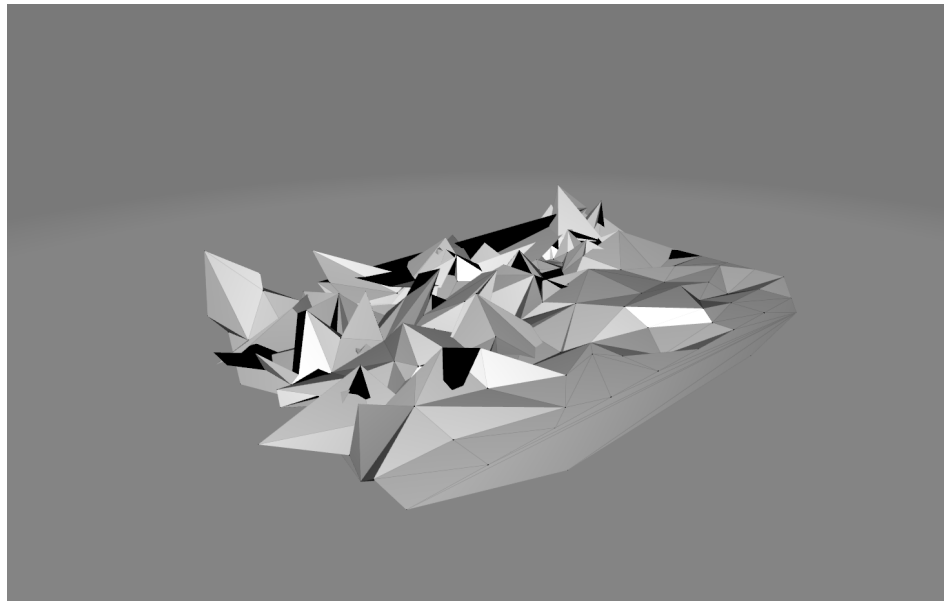
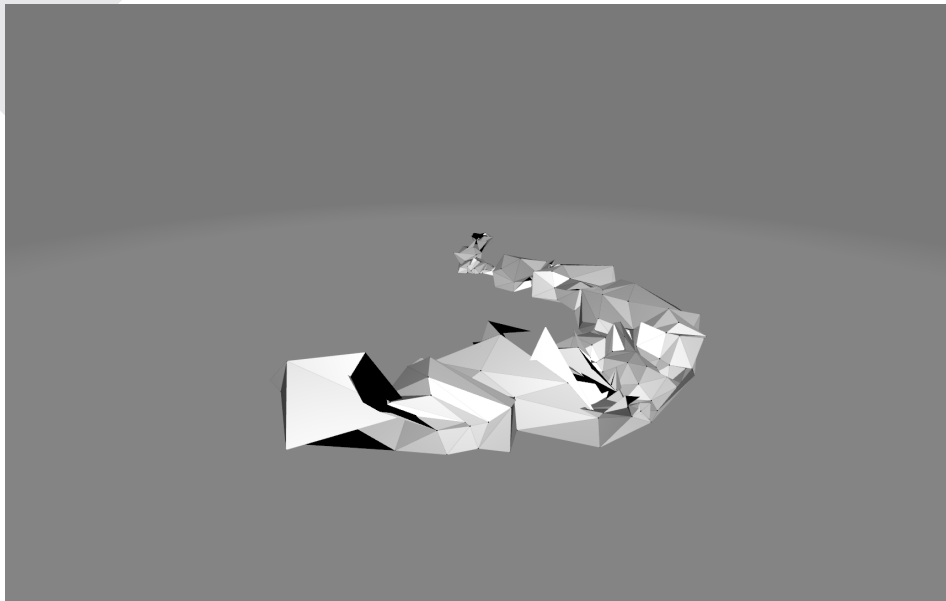


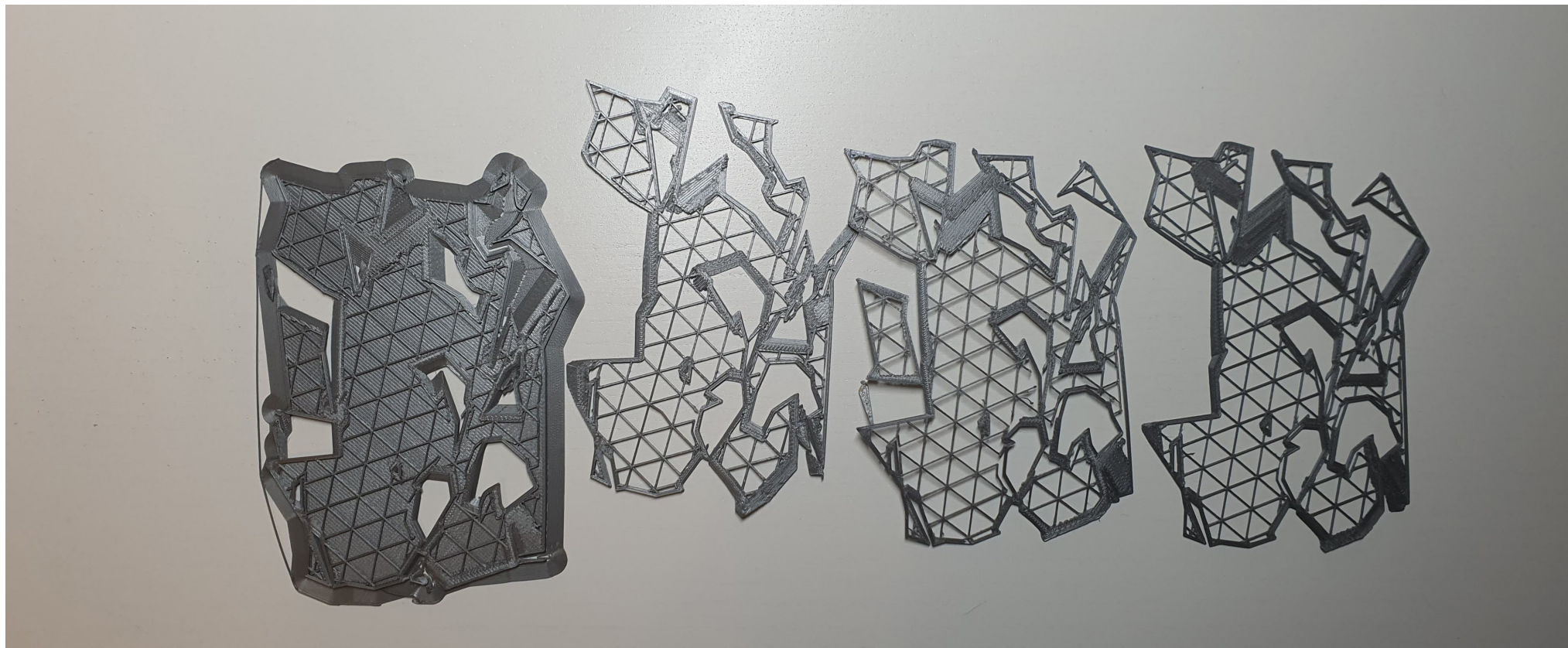




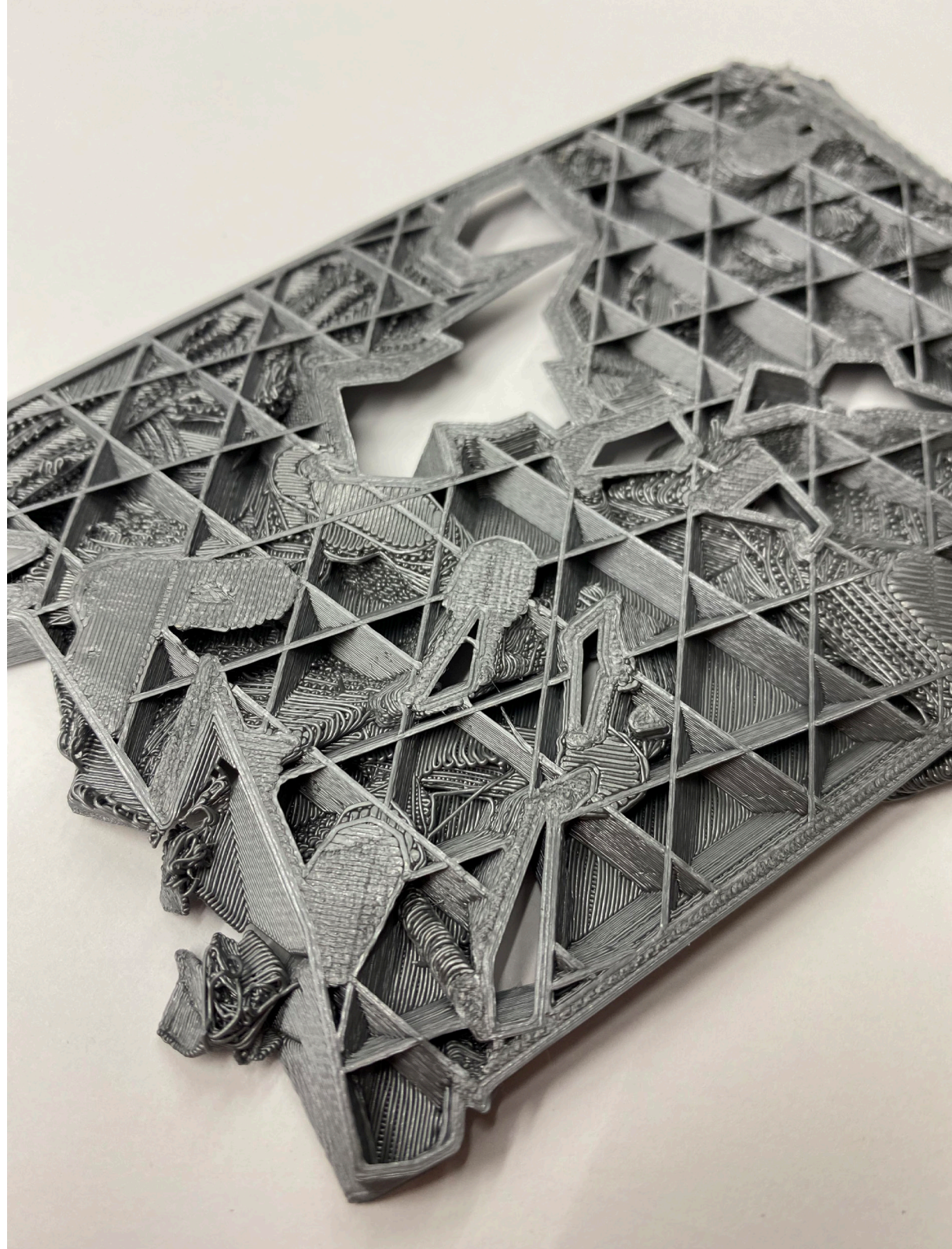


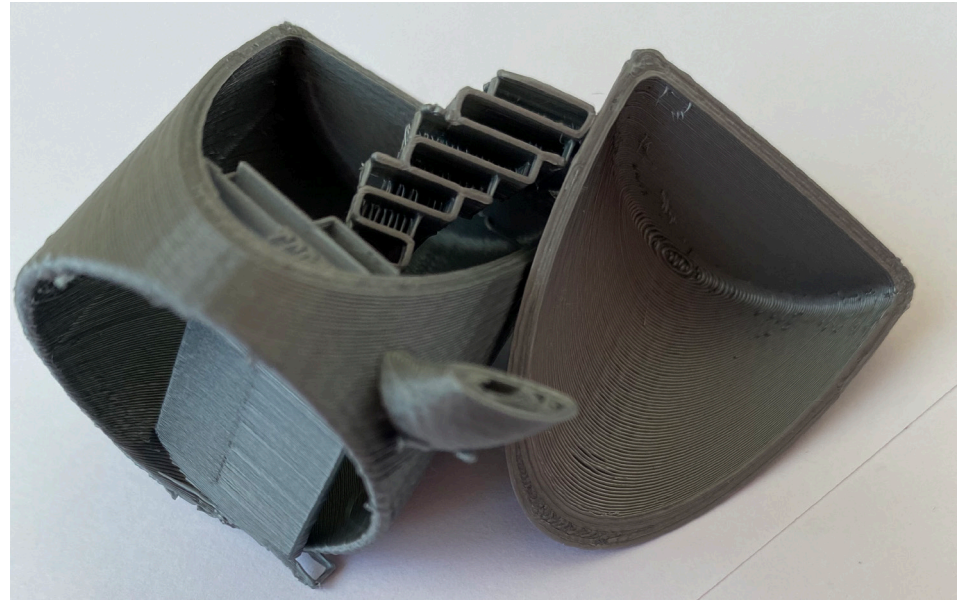
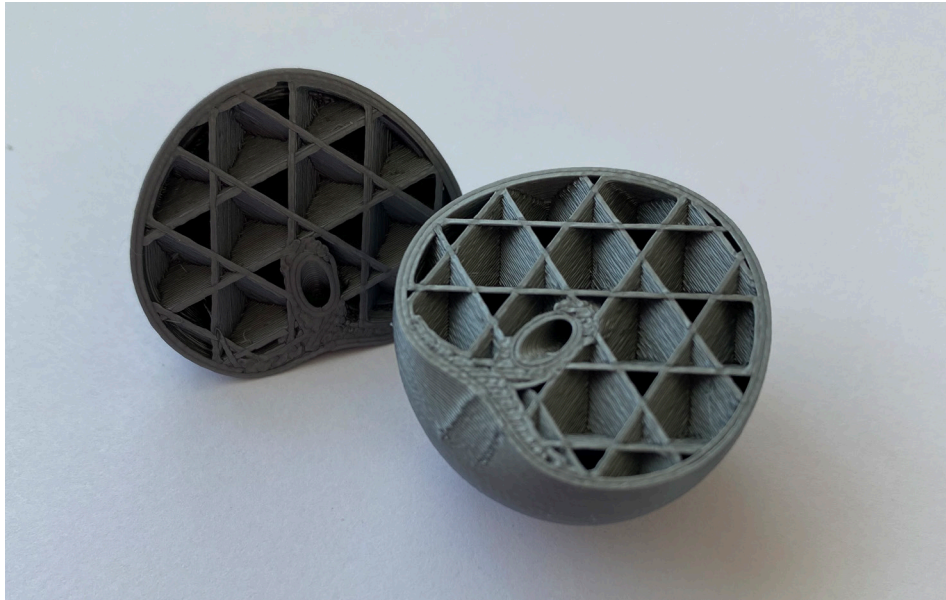
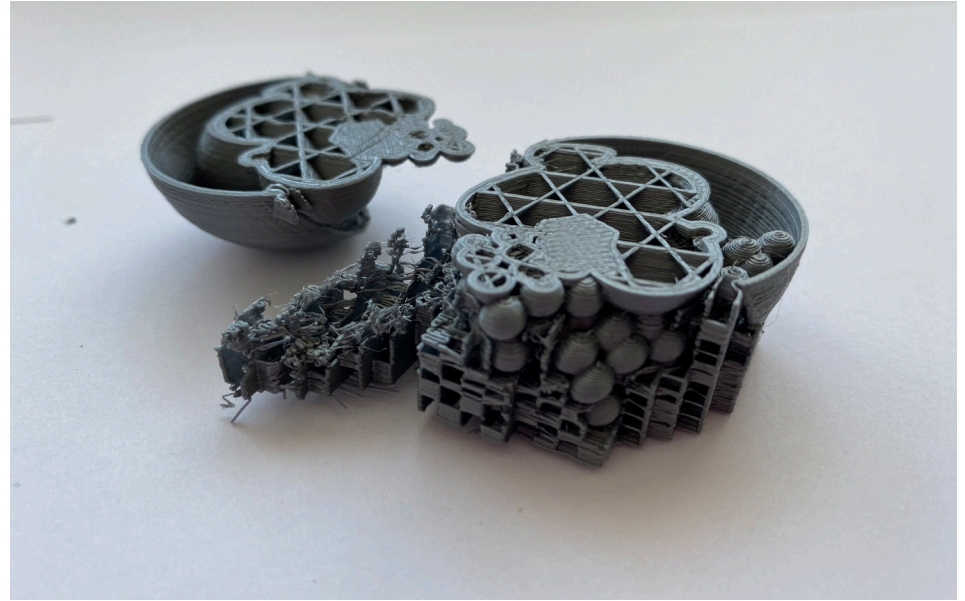
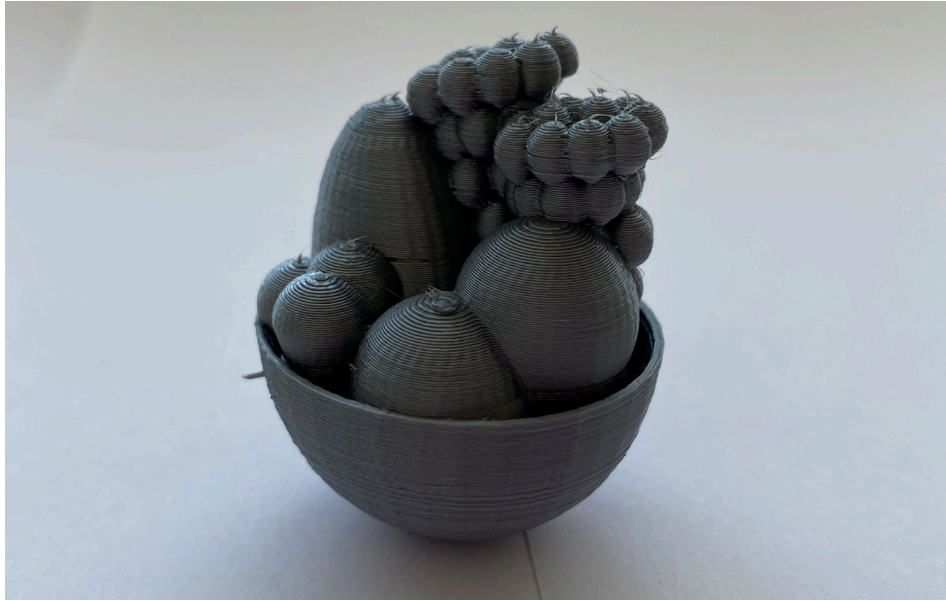


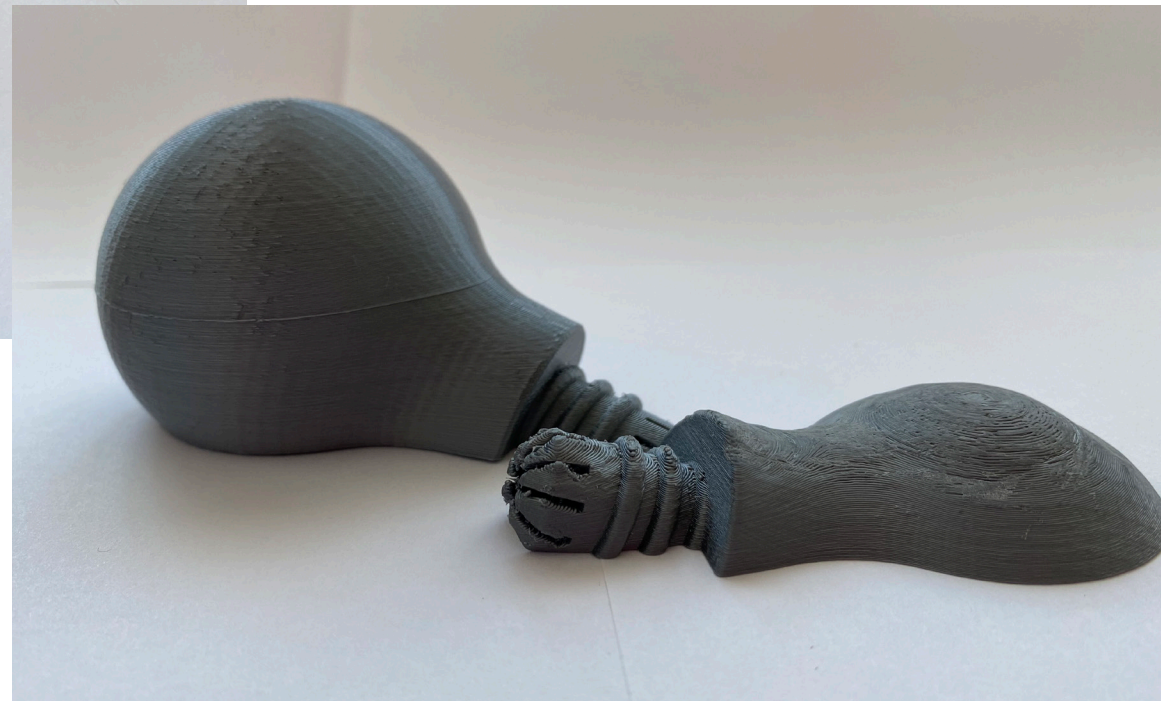
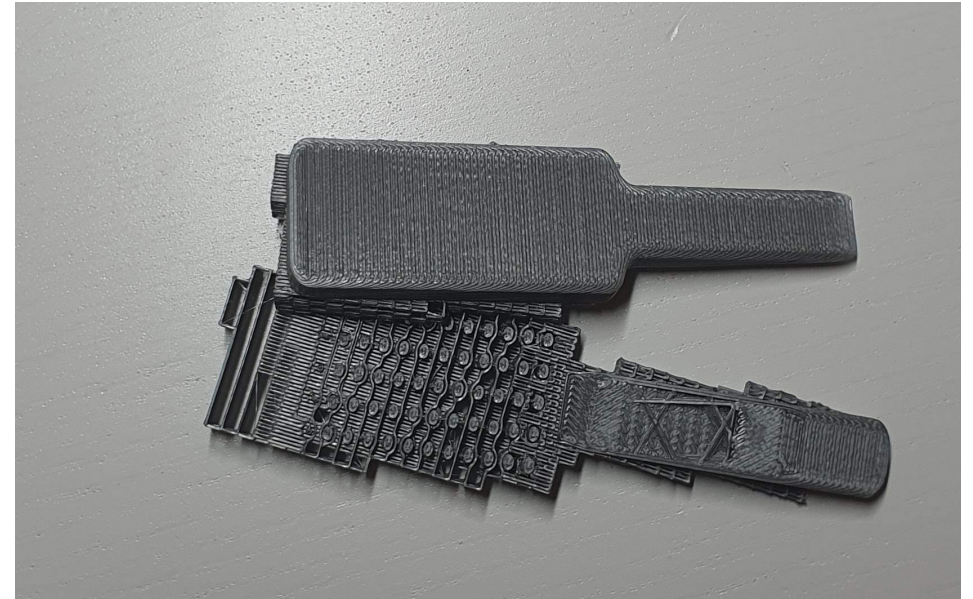
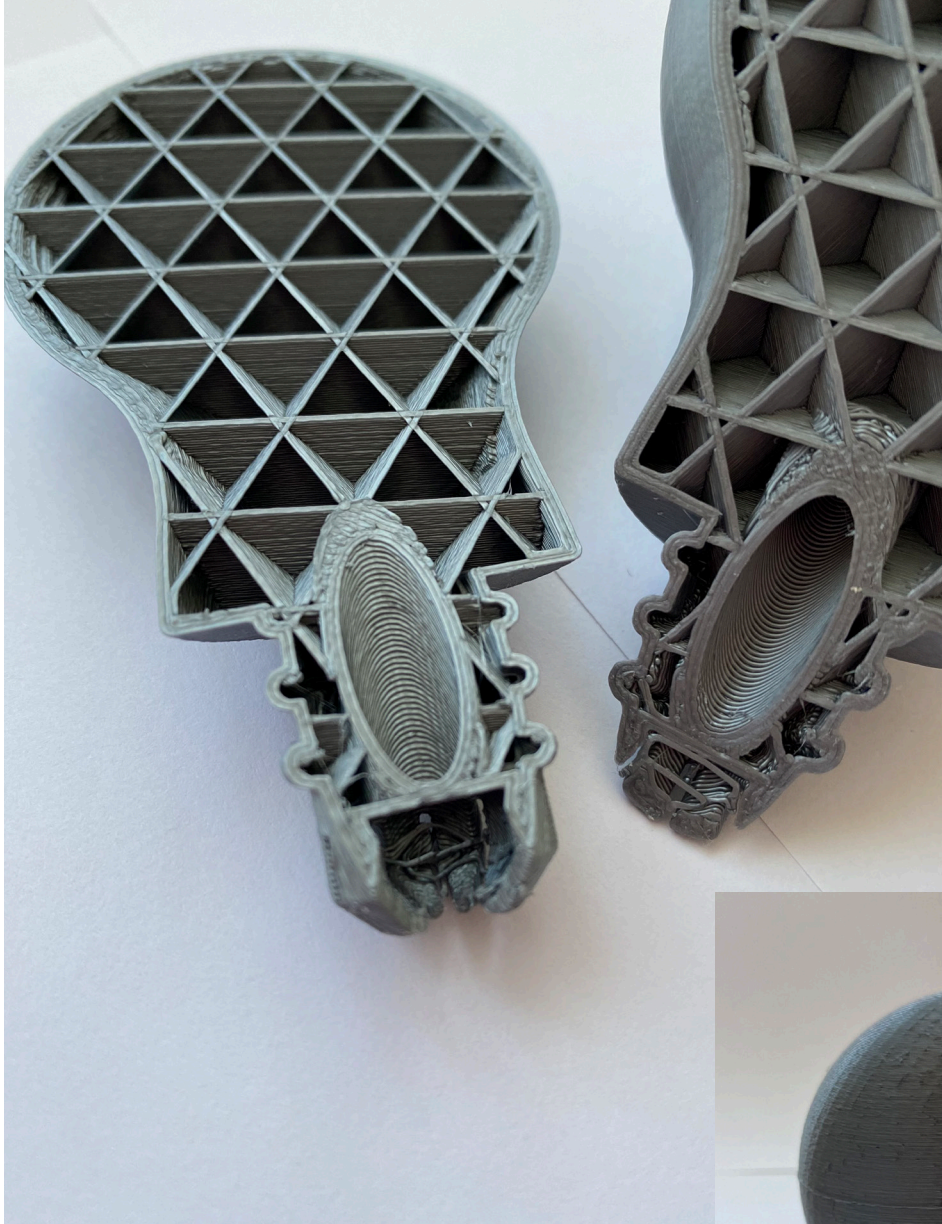






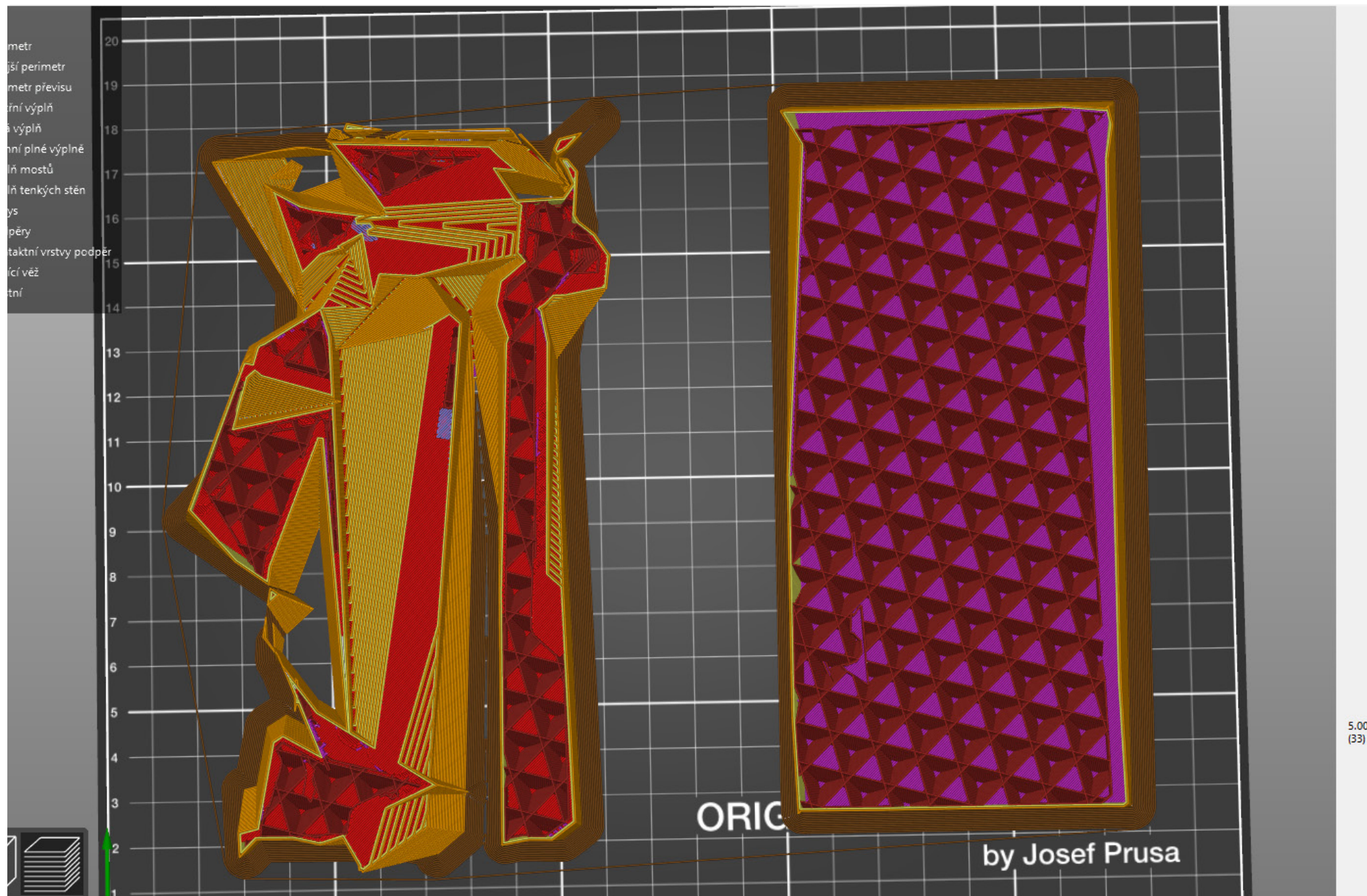






NÁHLEDY VRSTEV V PROGRAMU SLICK3R





4/ TECHNICKÁ DOKUMENTACE

Během svého projektu využívám PC programy a následně 3D tiskárnu.



Blender je open-source software pro modelování a vykreslování 3D počítačové grafiky a animací s využitím různých technik (např. sledování paprsku, radiosity, scanline rendering, GI). Vlastní interface je vykreslován pomocí knihovny OpenGL. OpenGL umožňuje nejen hardwarovou akceleraci vykreslování 2D a 3D objektů, ale především snadnou přenositelnost na všechny podporované platformy.

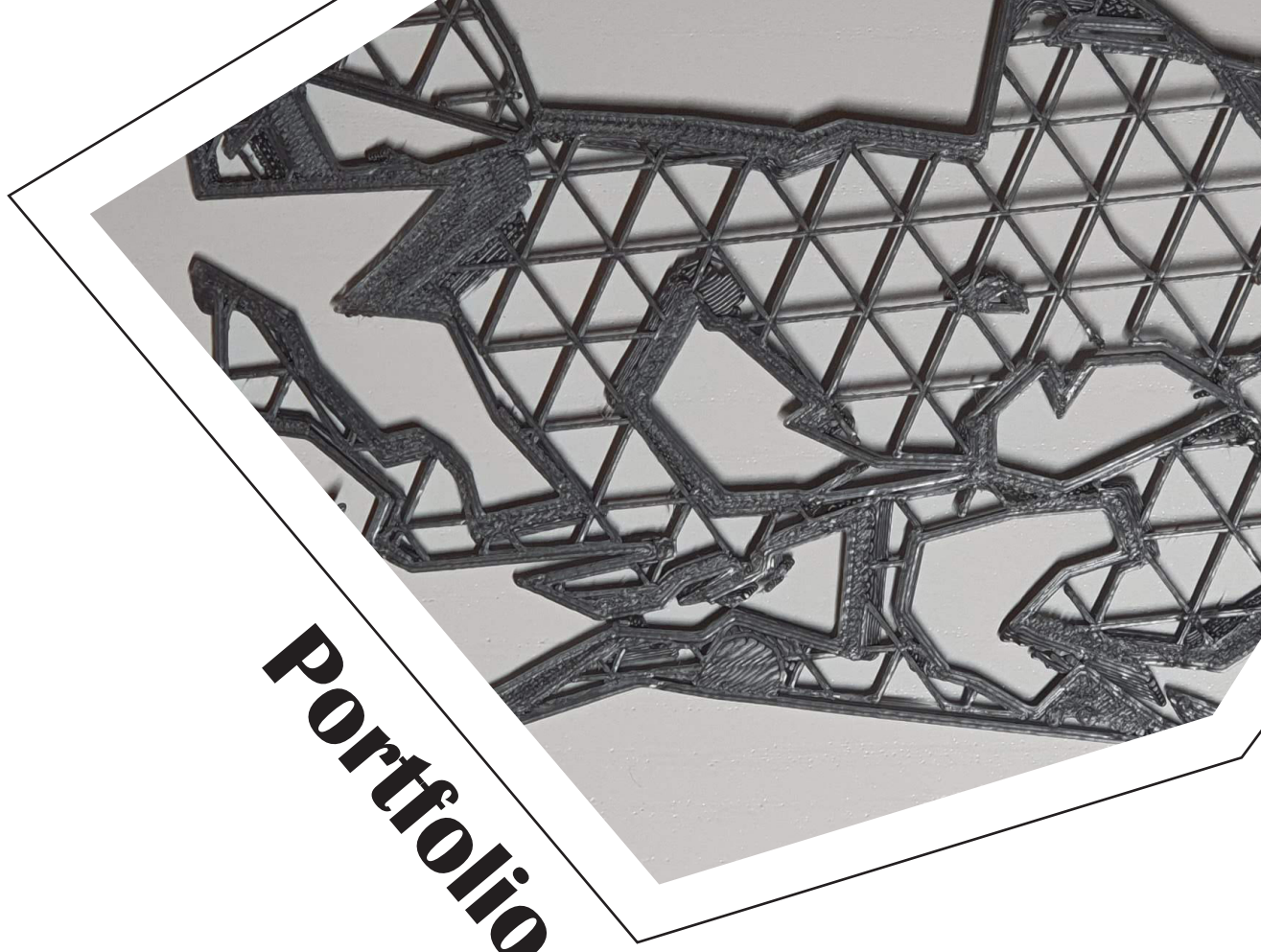


Slic3r Prusa Edition je program na přípravu tiskových dat pro tiskárny Prusa Research. Program podporuje formát (.stl). Zde si připravím model pro samotný tisk, kde mohu zkontolovat, zda se vše vytiskne dle představ.



3D tiskárna PRUSA I3 MK2

Original Prusa MK2 je jednou z nejpopulárnějších 3D tiskáren na světě. Díky vlastnostem jako je vyhřívaná podložka s kompenzací studených rohů, bezúdržbová tisková plocha a podpora široké řady materiálů. Pro mou tvorbu používám PLA tisková struna stříbrná 1,75 mm 1 kg filament pm. Je to jeden z nejzákladnějších filamentů a pro mé účely absolutně dostačující.

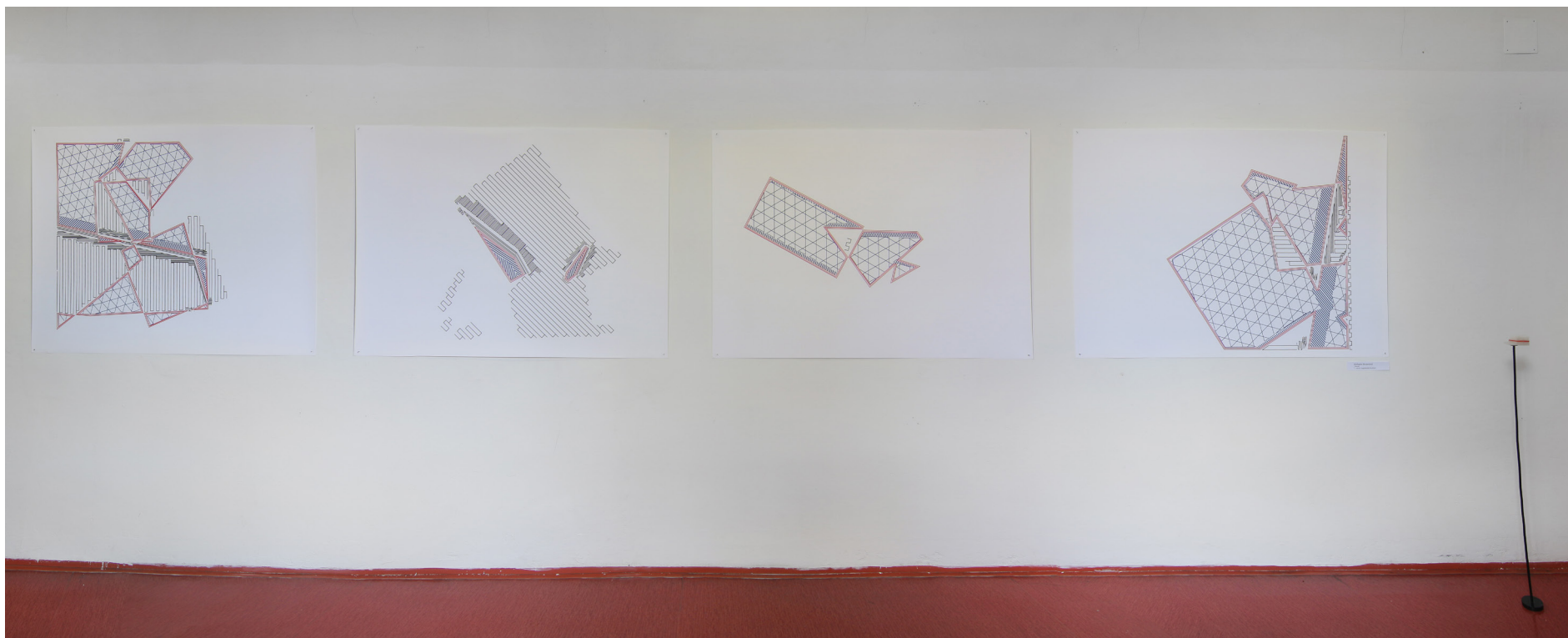


Portfolio

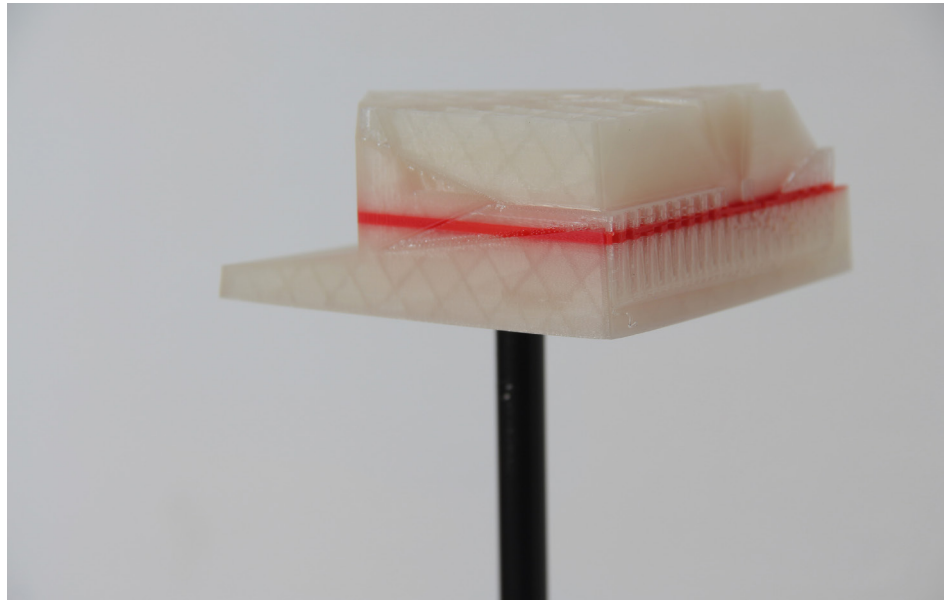
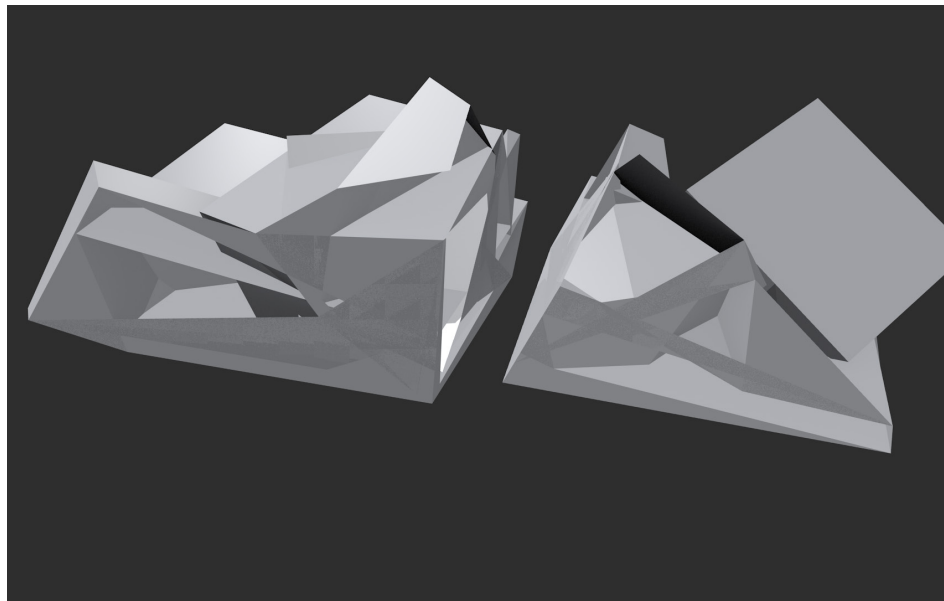
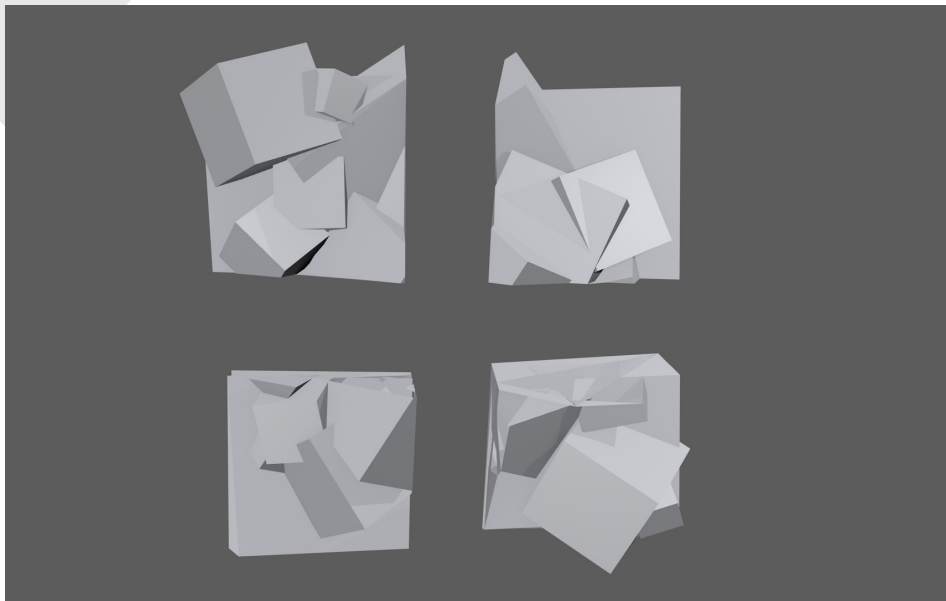
VRSTVENÍ

2018

Touto vektorovou grafikou jsem se snažila poukázat na možnost prezentovat 3D tisk jinou formou. I když se díváme na 2D objekt a myslíme si, že se jedná pouze o nějaké abstraktní lineární kresbu. Realita nás vyvádí z omylu. Stále se jedná o 3D tisk pouze prezentovaný tou nejjednodušší formou. Této kresby docílíme separace jediné vrstvy od ostatních v programu Slick3r vyvnutý speciálně pro 3D tiskárny od PrůšaRESEARCH. Tato práce mne inspirovala natolik inspirovala, že jsem jí dále rozvíjela i v dalším semestru až z toho vznikla tato diplomová práce.



modely z nichž vznikaly řezy použité u instalace „VRSTVENÍ“





150°
2017

Vytvořila jsem 12 kusů dortíku. Některé jsou myšleny jako série a jiné samostatné. Všechny však spojuje jednotný tvar čtverce. Co kus, to originál, a to je to, co se mi na tom asi líbí nejvíce. Ráda si v poslední době hraji s myšlenkou, vytvářet něco, co by mohlo být jen dočasné a vlastně by to byla taková limitovaná edice, jelikož se asi nikdy nepovede udělat úplně ten samý znovu.







foto: Zdeněk Porcal, STUDIO FLUSSER

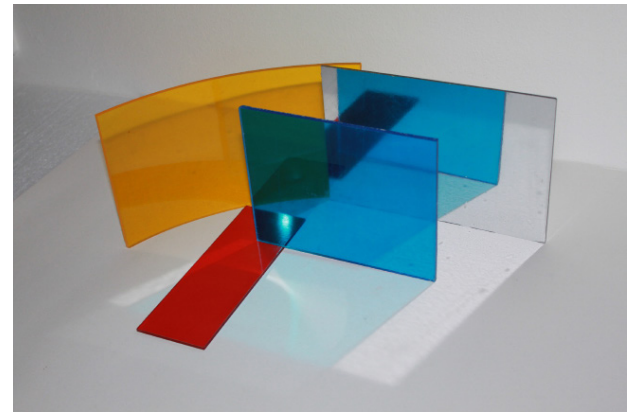
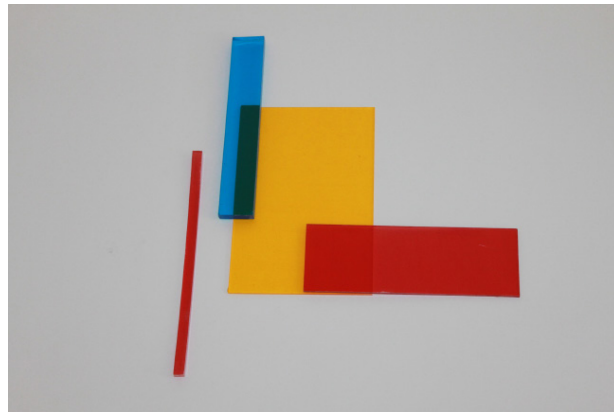
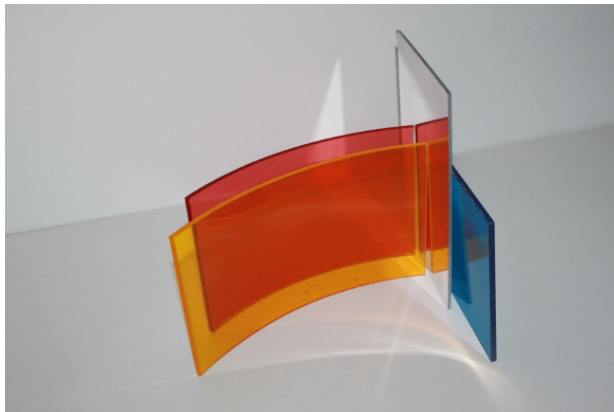
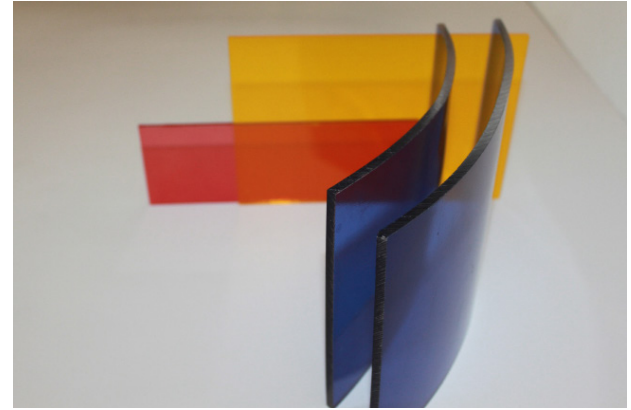
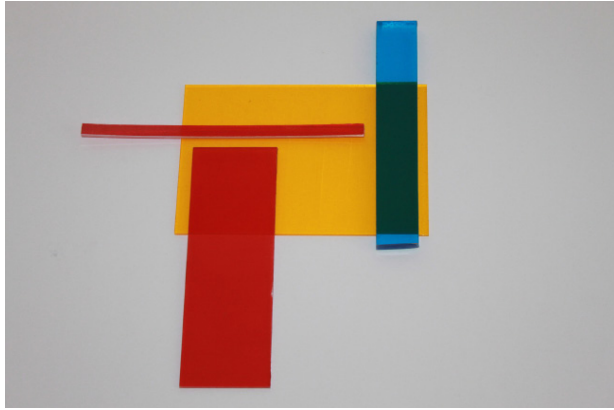
RGB LEGO

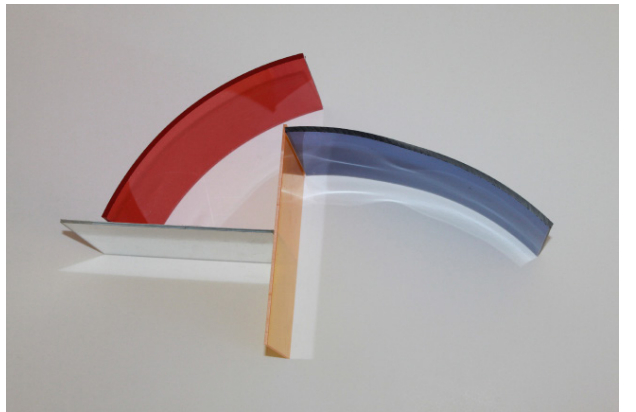
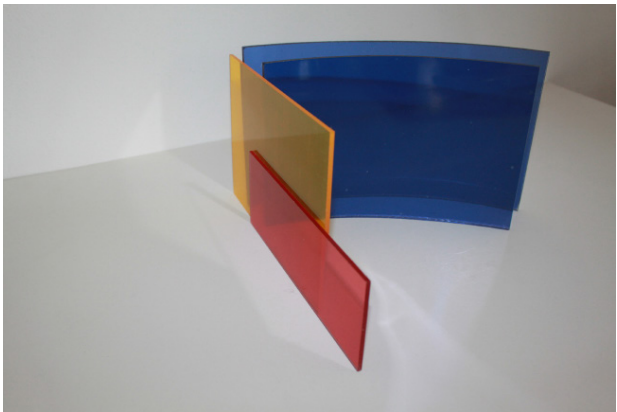
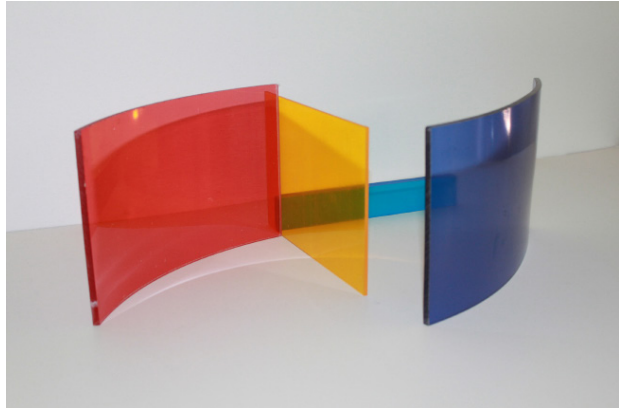
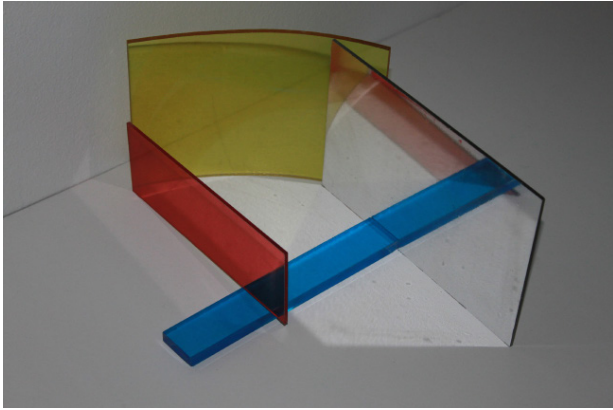
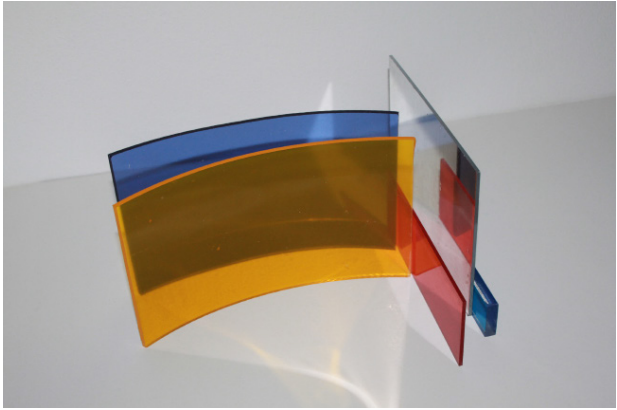
2016

Při této práci mi jde hlavně o propojení barev skrze poloprůhledné barevné fólie, kterými jsou plexiskla potažená. Pro větší efekt jsem ještě některé desky polepila zrcadlovou fólií, aby obraz byl více expresivní a dovytvářel hloubku perspektivy. Původně byl mým záměrem, vytvořit světelnou kresbu na zdi pomocí barevného plexiskla, k čemuš mě přivedl současný umělec Stephen Knapp. Dále pak v průběhu práce se má idea měnila. Hlavní vliv na mě měli osobnosti jako jsou Daniel Buren a Pavel Korbíčka.



foto: Zdeněk Porcal, STUDIO FLUSSER





RYTMUS

2015

Tento semestr jsem převáděla do prostoru vybraná díla Františka Kupky, který mi je svou osobou velice blízký, díky jeho zachazením a převáděním rytmu do geometrických skulptur. Na základě jeho obrazů jsem vytvořila prostorové objekty z polystyrénu. Polystyrén je zvolen kvůli možnostem proměnitelnosti materiálu.

Modely jsou ve dvou rozměrech. U hlavního a to největšího objektu je nejpatrnější Kupkův vliv. Mimo hlavní objekt jsem dále vytvořila i menší kompozice, které volně vycházejí z dalších prací tohoto umělce.

Bílou barvou jsem chtěla docílit vyrovnanosti a sjednocení jednotlivých objektů. Pro mě je bílá symbolem čistoty a jednoduchosti, to samé bych také mohla říci o geometrii.



HRANICE

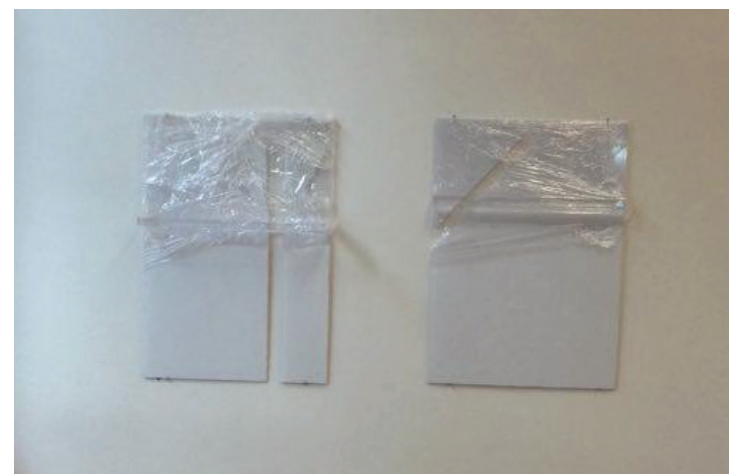
2014

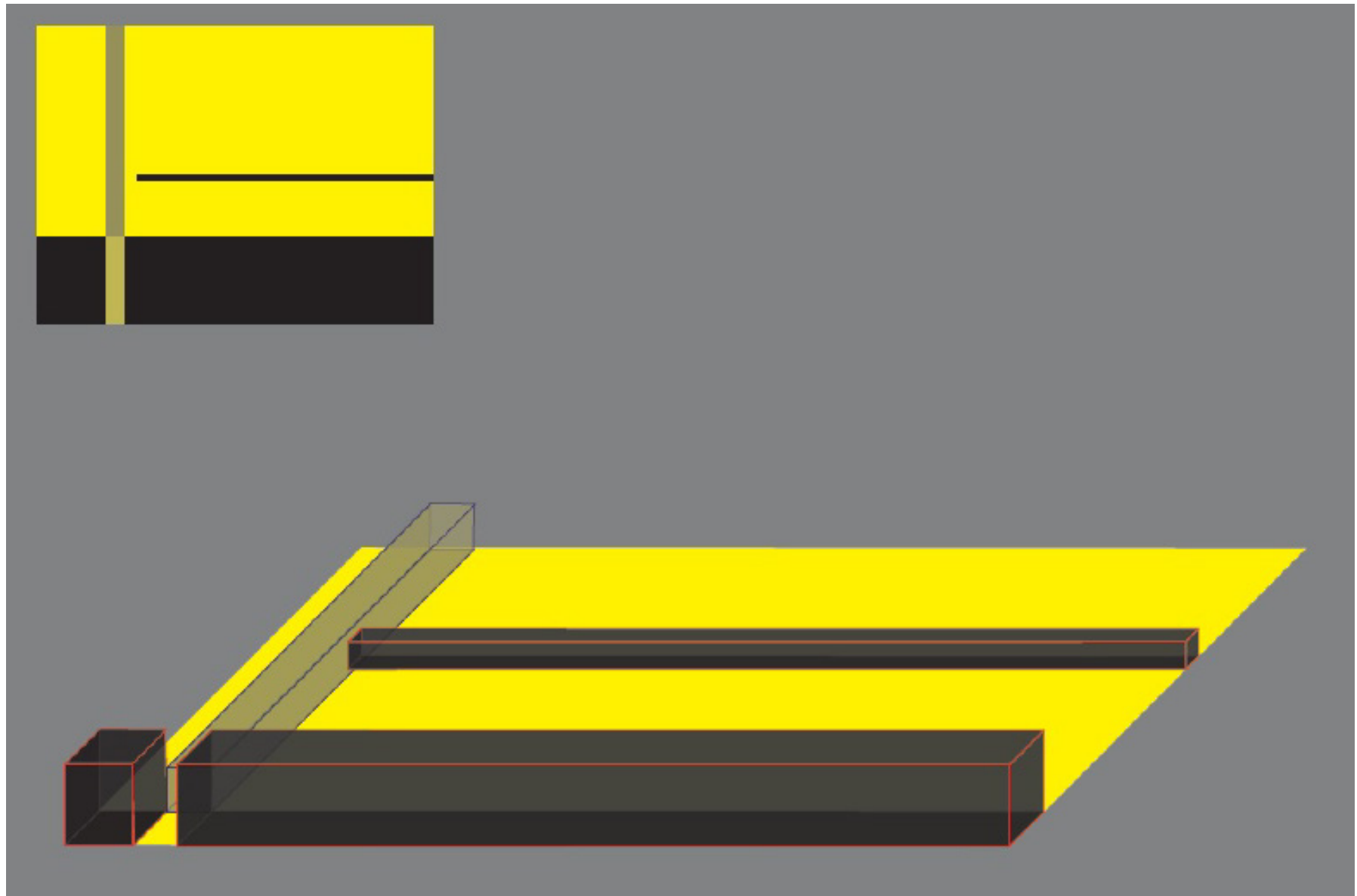
Na základě mé práce v prvním semestru, jsem se rozhodla pro pokračování v geometrických tvarech pro jejich jednoduchost. Zkoušením co je schopna plocha unést, aby byla stále zachovaná určitá pravidelnost a rovnováha. Chtěla jsem vytvořit novou formu prezentace. Pro tuto práci jsem se nechala inspirovat pracemi Stanislava Kolíbala, které jsem viděla v pražské Národní galerii. Byl to nápad, který jsem nosila v hlavě již dlouho. Jeho kresebné kompozice převedené pomocí vrstvení geometrických tvarů mne dovedly do fáze experimentů s posouváním hranic objektů.

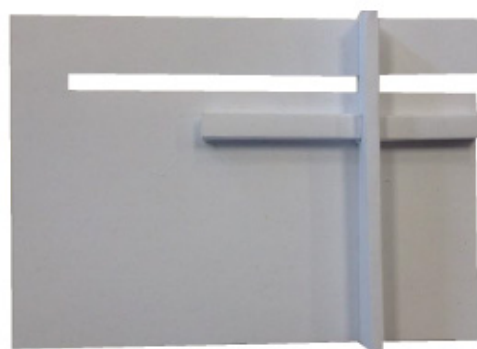
Po mnoha úvahách z jakého materiálu budou kompozice vytvořeny, jsme došli k plexisklu. Tento materiál mne již dlouho zajímal a chtěla jsem s ním pracovat. Poté, co jsem přinesla do ateliéru již připravené objekty zabalené ve stretch fólii (aby se během převozu nic nezničilo) se zrodil nápad, že bych mohla svou finální formu nechat právě z poloviny zabalenou/chráněnou vystavovat právě v tomto provedení.

Toto vše evokuje dojem nedbalé elegance, ostré rohy a hrany mají přesnou definici, za to stretch a ochranná fólie je neuspořádaná nedbalá a vytváří tak dokonalé napětí mezi chaosem a čistotou.

Tento nový pohled, mě donutil se zastavit a začít se na věci dívat (i) jinak ...







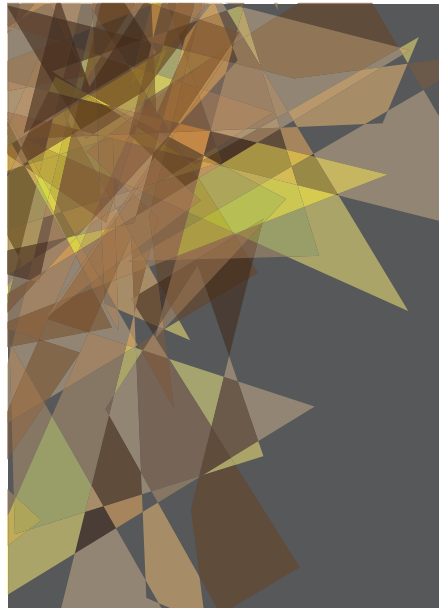
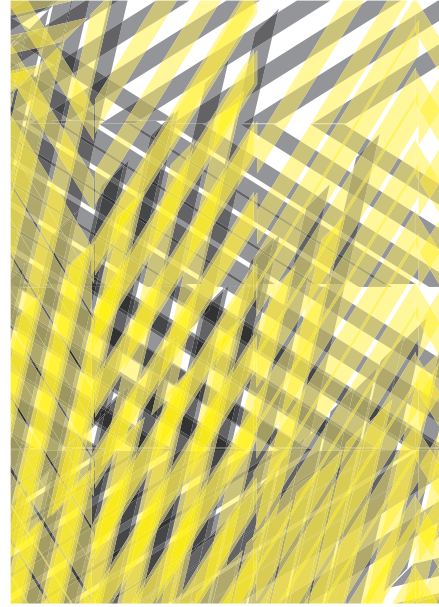
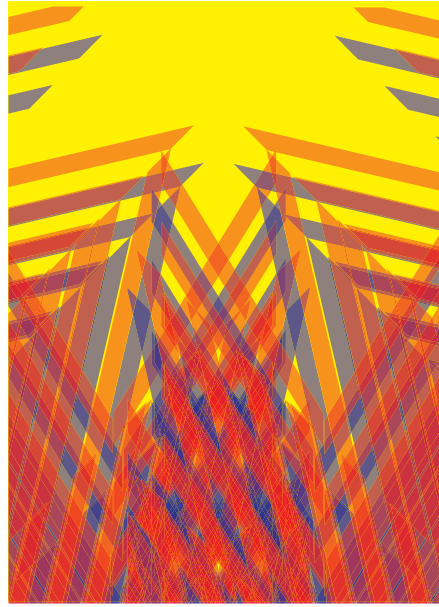
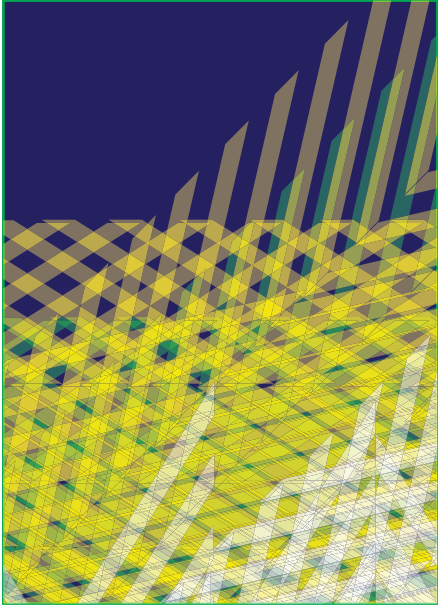
„V jednoduchosti je krása“

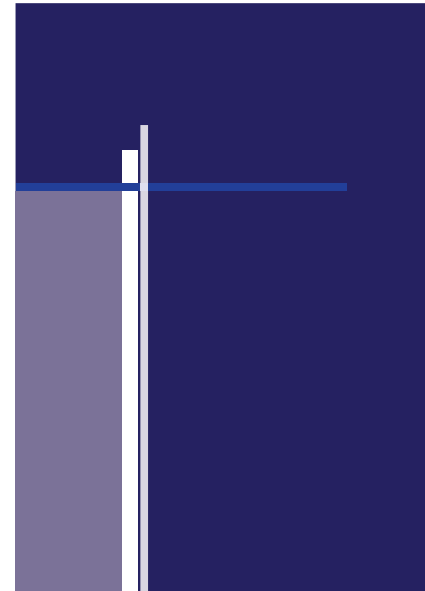
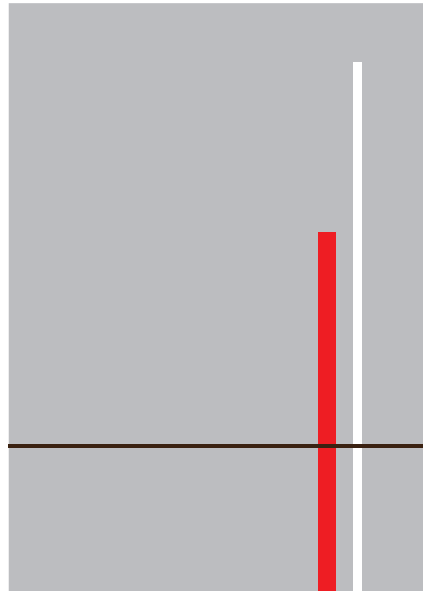
2014

Mou ideou v prvním semestru se stala již tvorba v prvních týdnech navštěvování ateliéru. Kde mne zaujal světoznámý umělec Piet Mondrian. Pokoušela jsem se zprvu reprodukovat jeho tvorbu v prostoru, a to mi ukázalo další cesty, kterými jsem experimentovala až do stávající fáze mé tvorby. Zajímalo mě vždy, co dokáže papír (samozřejmě nejenom papír) unést. Ne z hlediska obrovského množství tvarů, barev a třeba i vzorů, ale jak moc jsem schopná to dané dílo ořezat a zjednodušit. Jako jinde i zde se držím pravidla „V jednoduchosti je krása.“ a samotný formát mi to s benefity vrací.

Ve výsledné práci jsem se snažila pro vytvoření rovnováhy, pomocí příjímek a barevnou odlišností. Je pro mne velice důležité, aby díla byla z hlediska kompozice čistá, vyrovnaná, ale zároveň dostatečně plná. Díky Pietovi jsem se dostala také do konstruktivismu, suprematismu a jiných koutů umění. Avšak svojí tvorbu bych nepřirazovala k žádnému z období naší umělecké historie. Jako každý umělec čerpám z minulosti a reaguji způsobem, který se mi v danou chvíli zdá nejvhodnější.









6/ ŽIVOTOPIS

MICHAELA MORAVCOVÁ

* 14. 1. 1994 Praha

2018 - současnost - MgA. - Technická univerzita v Liberci

2014 - 2018 - BcA. - Technická univerzita v Liberci

Fakulta umění a architektury, Vizuální komunikace a digitální média vedoucí ateliéru: doc. Stanislav Zippe

2013 - 2016 - Vyšší odborná škola MICHAEL s. r. o. - Grafický design

2009 - 2013 - Střední škola MICHAEL s. r. o. - Grafický design

Skupinové výstavy:

2018 Výstava závěrečných prací, Ateliér Vizuální komunikace

2014 - 2018 - BcA. - Technická univerzita v Liberci

2016 Lumen 1/11, Ateliér Vizuální komunikace

2016 NAOSTRO, Ateliér grafického designu Michael s. r. o.